VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

В.Я.СТРУВЕ

ЭТЮДЫ ЗВЕЗДНОЙ АСТРО-НОМИИ







АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

КЛАССИКИ НАУКИ

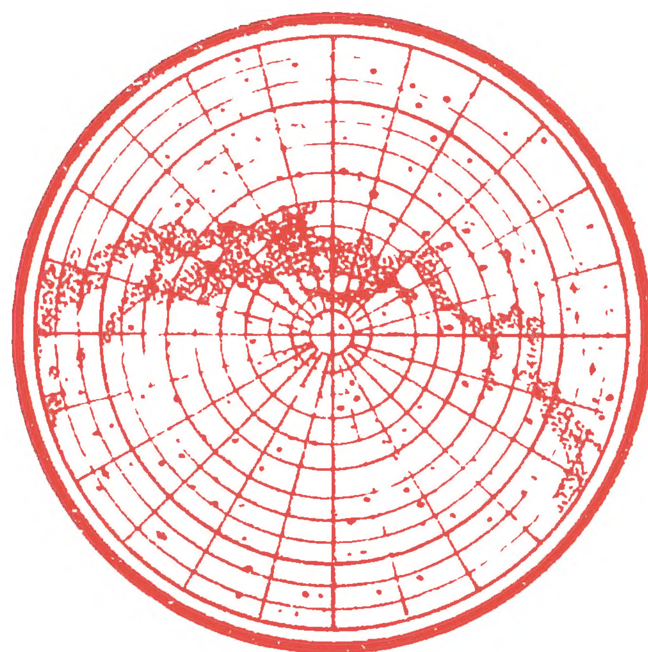


В. Я. СТРУВЕ

ЭТЮДЫ ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ

ПЕРЕВОД ПРОФЕССОРА
М. С. ЭЙГЕНСОНА

РЕДАКЦИЯ
ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА АН СССР
А. А. МИХАЙЛОВА



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
1953

СЕРИЯ «КЛАССИКИ НАУКИ»

основана академиком *С. И. Вавиловым.*

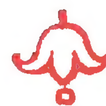
Редакционная коллегия: академик *И. Г. Петровский* (председатель), академик *К. М. Быков*, академик *Б. А. Казанский*, академик *А. И. Опарин*, академик *О. Ю. Шмидт*, член-корреспондент АН СССР *Н. Н. Андреев*, член-корреспондент АН СССР *Х. С. Коштоянц*, член-корреспондент АН СССР *А. М. Самарин*, член-корреспондент АН СССР *А. А. Максимов*, член-корреспондент АН СССР *Д. И. Щербаков*, член-корреспондент АН СССР *П. Ф. Юдин*, доктор географических наук *Д. М. Лебедев*, доктор химических наук *Н. А Фигуровский*, кандидат философских наук *И. В. Кузнецов*, кандидат исторических наук *Д. В. Ознобишин* (ученый секретарь).


ЭТЮДЫ ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ
В.Я.СТРУВЕ

ЭТЮДЫ ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ



О МЛЕЧНОМ ПУТИ И О РАССТОЯНИИ НЕПОДВИЖНЫХ ЗВЕЗД





ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗВЕЗД В ПРОСТРАНСТВЕ И МЛЕЧНОГО ПУТИ

ИСТОРИЯ

1. Общие замечания. Древние. Коперник. Галилей

Число звезд, которые видны без помощи телескопа, весьма незначительно. Г-н Аргеландер в своей «Уранометрии» дает список 3256 звезд, видимых невооруженным глазом, от Северного полюса до 36° южного склонения, т. е. немного менее, чем на восьми десятых небесного свода. Для других двух десятых в окрестностях южного небесного полюса нужно прибавить 844 звезды. Мы будем иметь тогда на всем небесном своде 4100 звезд, видимых человеком со средним зрением. Это число увеличивается почти до 6000 для лиц, наделенных острым зрением.

Поэтому мы видим в хорошую ночь, вне сумерек и без лунного света, в каждое мгновение на видимой половине неба не более, чем от 2000 до 3000 звезд. Те же, которые не знают их действительного счета, оценивают число видимых звезд гораздо выше. Это частично объясняется неправильным распределением звезд и отсутствием границ на небе; частично же — действием, которое производит вид неба на воображение. Возрастание числа звезд по мере ослабления их блеска побуждает нас предполагать звезды, которых мы не видим [1].

В каталогах древних астрономов число звезд значительно меньше. Гиппарх наблюдал 1022 звезды. Каталог Гевелия, последнего астронома, определявшего положения звезд без помощи телескопа, содержит 1533 звезды, наблюденных в Данциге. Поэтому существует больше звезд, видимых глазом, чем могло быть наблюдено через диоптры тогдашних инструментов.

Хотя в древности подозревали о существовании большего числа звезд, невидимых глазом, чей соединенный свет мог бы объяснить вид Млечного Пути, однако подтверждение и развитие этих идей были невозможны вплоть до изобретения телескопа. Даже Коперник не рисковал высказать никакого определенного мнения о неподвижных звездах.[1] Наконец, Галилей в своем «Nuncius sidereus» [[2]], опубликованном в 1610 г., возвестил цивилизованному миру о первых открытиях, сделанных на небе с помощью телескопа, — о поверхности Луны, о неподвижных звездах, о спутниках Юпитера, и, позднее, о необычайной форме Сатурна, переменной освещенности Венеры и о пятнах на Солнце.

В настоящее время невозможно составить себе полное представление о том энтузиазме, который возбудили тогда эти известия. Это было неожиданным откровением о небесном своде, невидимом и недостижимом для человеческого ума в течение тысячелетий. Вот как Галилей первоначально высказывался о неподвижных звездах: «Это, действительно, большое событие — прибавить к значительному числу неподвижных звезд, которые до сего времени можно было заметить естественными средствами, другие бесчисленные звезды и сделать доступными глазу звезды, которые раньше никогда не были видимы и число которых по меньшей мере в десять раз больше числа звезд, известных издревле. Это — факт высокого значения, который положил конец спорам о Млечном Пути и выявил его природу для чувства и разума» и т. д.[2]

От Галилея и до В. Гершеля, или в течение почти полутора столетий, распределение и устройство неподвижных звезд было скорее предметом умозрения, чем наблюдений, которые были посвящены главным образом изучению тел, принадлежащих к солнечной системе.

2. Умозрения Кеплера

Кеплер в I книге своего «Epitome» [3], опубликованной в 1618 г., впервые умозрительно занимается вопросом о распределении звезд. В «Harmonices Mundi» [4], опубликованной в следующем году, об устройстве мира не содержится ничего. Но он занимается им вторично в четвертой книге «Epitome», появившейся в 1620 г.[3] Следующие пункты, которые я извлек из различных мест цитированной работы, представляют идеи Кеплера:

1. Солнце находится на большем расстоянии от других неподвижных звезд, чем расстояние между соседними неподвижными звездами.[4]

2. В середине области неподвижных звезд имеется огромная впадина, со всех сторон опоясанная звездами. Солнце находится внутри этой впадины. Поэтому Солнце со всеми другими телами, принадлежащими его системе, помещается — по сравнению с другими частями области неподвижных звезд — в особенном и замечательном месте вселенной [5].

3. Впадина, в которой помещается Солнце, находится одновременно вблизи центра звездного кольца, который образует Млечный Путь. Такое положение вытекает из того, что Млечный Путь представляется почти в виде большого круга и что его интенсивность примерно одинакова во всех частях.

4. Пространство, которое заключает все неподвижные звезды, изнутри заканчивается впадиной, в которой пребывает Солнце; оно ограничено также снаружи и образует, в своем целом, громадную сферу конечного диаметра; за

поверхностью этой сферы находится пустота. Эта шарообразная форма вселенной вытекает из свойства сферы заключать наибольший объем внутри заданной поверхности и из аналогии с небесными телами, которые все имеют шарообразную форму. Представляется, что общая форма частей должна быть такой же, как и у целого [6].

5. Солнце есть главное тело, сердце вселенной, из которого разливается свет и тепло и которое управляет движениями планет с их спутниками. Сфера неподвижных звезд образует внешнюю оболочку вселенной, отбрасывающую назад свет и удерживающую солнечную теплоту, как некая кожа вселенной. Говоря языком сравнений, она является как бы ледяной или кристаллической, в то время как Солнце есть огонь или раскаленная масса. По этой гипотезе неподвижные звезды гораздо меньше Солнца; они светят, однако, собственным светом и обнаруживают различные цвета.

6. Возможно, однако, что Солнце есть не что иное, как одна из неподвижных звезд, более яркая для наших глаз единственно в силу своей близости, и что другие неподвижные звезды, равным образом, суть солнца, окруженные мирами планет. Но это следствие не является необходимостью, так как коперниканская астрономия, ограничиваясь видом неподвижных звезд, ничего не решает об их природе. Поэтому можно также принять, что неподвижные звезды рассыпаны, как это говорит предание иудеев, в сравнительно тонком слое водяной природы и что этот слой — кристальный, так как вода в нем заморожена из-за холода, вызванного громадным расстоянием от Солнца, этого центра теплоты во вселенной.

7. Радиус впадины, или расстояние, которое отделяет внутреннюю границу области неподвижных звезд от Солнца, определяется простой пропорцией. Солнечная система оканчивается Сатурном, последней из планет. Радиус орбиты этой планеты в 2000 раз больше радиуса солнечного шара.[5] Поэтому по гармонии соотношений расстояние неподвижных

звезд должно быть еще в 2000 раз больше, чем радиус орбиты Сатурна, или в 4 миллиона раз больше радиуса Солнца.[6] Эта огромность расстояния неподвижных звезд подтверждается наблюдениями Тихо, которые не дают никакого ощутимого параллакса неподвижных звезд [[7]].

8. Может быть также оценена и толщина кристаллического свода неподвижных звезд. Вся материя вселенной разделяется на три равные части. Одна треть сконцентрирована в теле Солнца, другая треть была использована, чтобы образовать планеты и небесный эфир, который наполняет впадину вплоть до неподвижных звезд. Наконец, последняя треть собрана в кристаллической оболочке неподвижных звезд. Можно найти плотность эфира по отношению к Солнцу, принимая во внимание, что та же масса, распределенная в пространстве с радиусом в 4 миллиона раз бóльшим, чем радиус Солнца, должна иметь плотность в 64 триллиона раз меньше. Наконец, плотность кристаллической сферы есть средняя пропорциональная между плотностями центрального тела вселенной и эфира, или 8 тысяче-миллионной плотности Солнца. Из этой плотности выводится объем кристаллической оболочки, равный 8 тысячам миллионов объемов Солнца, и его ничтожно малая толщина в $\frac{1}{6000}$ солнечного радиуса, или лишь в две географических мили.

9. Солнце при рассмотрении с неподвижной звезды обнаруживает диаметр не более одной десятой секунды. Неподвижные звезды тем более кажутся нам лишь точками исчезающего диаметра.

Спекуляции Кеплера о вселенной были почти забыты. Но они заслуживают нашего внимания, так как в них находится, так сказать, зародыш взглядов современной астрономии на устройство звездного неба. Надо, однако, заметить, что 9 тезисов, которые мы извлекли из работ Кеплера, принадлежат к двум различным системам, которые в некотором

роде противоречат друг другу. Ибо и у самого Кеплера мы распознаем два расходящихся направления мышления: одно — это спокойное и глубокое исследование, которое привело его к утверждению двух первых законов эллиптического движения в книге «De stella Martis» [8]; другое — смелая и даже фантастическая спекуляция об аналогиях и гармониях мира, которая привела его, однако, к открытию третьего из его законов.

Кажется даже, что Кеплер в некоторых из цитированных тезисов хотел лишь приспособиться к древнему мнению о хрустальном своде неподвижных звезд; это приспособление он считал, может быть, в интересах науки в эпоху, когда большинство ученых было еще в оппозиции к коперниканской системе, опрокидывавшей их древние убеждения. Прибавим, что этими тезисами он пытался примирить коперниканскую систему с мнением, которое составили себе в эту эпоху о значении небосвода и о водах высшего неба (aquae supra celestes) в Пятикнижии [9].

3. Гюйгенс

Гюйгенс в «Cosmotheoros» [10], опубликованном через 3 года после его смерти, в 1698 г., подробно рассматривает аналогии между различными телами солнечной системы. Работа содержит также несколько важных размышлений о неподвижных звездах. Автор объявляет тождество Солнца и неподвижных звезд и предполагает, в общем, равномерное распределение этих солнц в пространстве вселенной, говоря, что то же расстояние, которое имеет место между Солнцем и ближайшей неподвижной звездой, находится также между последней и следующей, и так далее до бесконечности. Он считает все солнца центральными телами планетных систем. Он опровергает странные тезисы Кеплера, судя их слишком строго. Надо учитывать, что положение науки чрезвычайно сильно изменилось, в особенности после опубликования

«Начал» Ньютона, и что усовершенствованные телескопы доставили массу точных наблюдений, которые помогли выправить идеи астрономов. Затем из неизменности в течение года относительного положения двух звезд, из которых состоит вторая звезда в хвосте Большой Медведицы, Гюйгенс сделал вывод о малости параллакса неподвижных звезд. Отсюда он заключил о невозможности определить параллакс неподвижных звезд путем астрономического наблюдения. Однако, повидимому, он первый пытался добиться оценки расстояния Сириуса фотометрическим путем, а именно — рассеиванием маленьким стеклянным шариком света небольшой части Солнца, видимой через отверстие в одну двенадцатую линии, сделанное в крышке трубки в 12 футов длины, добиваясь того, чтобы произвести искусственную звезду с интенсивностью, равной Сириусу. Благодаря этому опыту он вычислил, что если Сириус и Солнце суть тела тождественной природы, расстояние Сириуса приблизительно в 28 000 раз больше длины радиуса земной орбиты. «Cosmotheoros» ничего не говорит о Млечном Пути.

4. Система Канта

В течение промежутка почти в шестьдесят лет изучение звездного неба оставалось по существу без изменений, пока кенигсбергский философ [11] не обратил своего внимания на устройство и объяснение небесных явлений. «Естественная история неба» [7] Канта появилась в 1755 г. В предисловии автор говорит, что он предполагает «открыть устройство, которое соединяет великие члены творения во всем своем протяжении вплоть до бесконечности, и вывести из первоначального состояния природы с помощью механических законов образование небесных тел и происхождение их движений».

Предприятие величественное, если бы оно не было слишком смелым для человеческого разума. Во всяком случае

астроном, который читал эту работу, если он и не подпишется полностью под всеми заключенными в ней спекуляциями, не расстанется с нею, не испытав живейшего восхищения гением и зачастую пророческими взглядами ее автора.[8] Я сожалею, что должен воздержаться от полного анализа работы, мало известной среди астрономов, и ограничусь собранием идей Канта об устройстве звездного неба, в совокупности тезисов, извлеченных из его работы настолько дословно, насколько возможно, но излагаемых в порядке, отвечающем нашей цели. Сам Кант говорит во введении, что первые идеи об устройстве звезд были внушены ему мемуаром Райта[9] и что он не мог бы в точности указать, в какой мере в его системе он повторяет или распространяет взгляды этого автора. Вот тезисы Канта:

1. Не более приближаешься к божественному всемогуществу творческой силы рассмотрением сферы, описанной радиусом Млечного Пути, чем ограничиваясь объемом шара в дюйм диаметром. Все, что является конечным, т. е. что имеет границы и может быть измерено числом, равно удалено от бесконечности. Если творение бесконечно в пространстве, или, по меньшей мере, было таковым сначала в том, что касается материи, и если оно было предрасположено сделаться таким же в смысле формы развития, тогда вселенная содержит миры без числа и без конца.

2. Неподвижные звезды, которые мы наблюдаем в частности с помощью телескопа, суть солнца, образующие центры систем, в которых, вероятно, все является столь же большим, как в нашей солнечной системе, и подобным же образом управляется тяготением и центробежным движением.

3. Но действие тяготения не заключено в каждой системе в отдельности. Оно простирается от одной солнечной системы к другой; вследствие этого все солнца, которые мы видим, образуют в совокупности большую систему более высокого порядка — систему Млечного Пути. Неподвижные звезды поэтому суть планеты высшего порядка, т. е. чрез-

вычайно медленно движущиеся, что уже проявляет себя, например у Арктура [12].

4. Существует замечательная аналогия между системой Млечного Пути и солнечной системой. В последней есть главная плоскость, проходящая через зодиак, и все планеты описывают свои орбиты в плоскостях, мало наклоненных к главной плоскости. Такая же главная плоскость есть и у неподвижных звезд. Ибо и они не распределены в пространстве без видимого порядка; по аналогии с планетами нашей системы надо рассматривать неподвижные звезды именно в отношении к главной плоскости, т. е. в том смысле, что налицо сгущение звезд к этой плоскости, вследствие чего они тем ближе друг к другу, чем ближе они к ней. Это скопление и производит вид светящегося пояса неба, который мы называем Млечным Путем. Итак, последний образует зодиак большой системы, устроенной по аналогии с планетной системой Солнца, в том смысле, что движения всех солнц вокруг общего центра их орбит совершаются в плоскостях, мало наклоненных к звездному зодиаку. К этому зодиаку имеет отношение не только большое число малых звезд, видимых в полосе Млечного Пути, но также и другие звезды. Области, не заключенные в беловатом следе Млечного Пути, тем более богаты звездами, чем ближе они приближаются к самой середине этого следа; наибольшая часть 2000 звезд, которую различает на небе невооруженный глаз, заключена в нешироком поясе, в котором Млечный Путь занимает средину.[10]

5. В солнечной системе есть главное и центральное тело — Солнце. Вероятно, что светящееся тело находится также и в центре Млечного Пути. Но не должно ли это тело, масса которого должна соответствовать огромности его системы, представиться нашим глазам своим выдающимся блеском и величиной. Однако мы не видим никакой неподвижной звезды, которая поразительно отличалась бы от большинства. В действительности же нет причин этому

удивляться. Если бы это тело было в 10000 раз больше, чем наше Солнце, оно не казалось бы больше и ярче Сириуса, видимого с расстояния в 100 раз бóльшего.[11] Есть причины, делающие вероятным, что Сириус является центральным телом системы звезд, которые образуют Млечный Путь. Последний представляется нам наиболее широким в созвездиях Орла, Лисички и Гуся [[13]]. Поэтому Солнце находится со стороны этих созвездий.[12] Следовательно, если провести прямую линию поблизости от хвоста Лебедя через середину плоскости Млечного Пути к противоположной точке, то эта линия должна пройти через центр системы; и она действительно проходит очень точно через Сириус — наиболее яркую звезду всего неба, — который благодаря своему положению и своему блеску кажется достойным рассмотрения в качестве центрального тела. То обстоятельство, что Сириус не кажется находящимся в полосе Млечного Пути, объясняется удаленностью Солнца от главной плоскости [[14]].

6. Наш Млечный Путь никоим образом не является единственной системой этого рода. Кое-где на небесном своде видимы туманности эллиптической формы, которые телескопы не могут разрешить на звезды. Они являются сходными системами, сокращенными до небольшого диаметра огромными расстояниями, на которых они находятся от нашего Млечного Пути. Продолговатая форма большинства этих туманностей показывает, что в этих системах существует главная плоскость, как и в нашем Млечном Пути.

7. Между различными млечными путями, вероятно, есть соотношение, аналогичное тому, которое имеет место между различными телами нашей системы. Эти млечные пути являются членами новой системы еще более высокого порядка. Мы видим здесь первые члены некоей прогрессии миров и систем. Эта начальная часть бесконечной прогрессии уже указывает на то, чтó нужно предугадать относительно целого.

Кант удивляется,[13] почему наблюдатели неба уже давно не сделали из формы Млечного Пути особых заключений о положении неподвижных звезд. Он, следовательно, не знал, что говорил Кеплер о Млечном Пути. Кеплер вполне понимал важное значение вида Млечного Пути и подверг его точному геометрическому обсуждению.[14]

5. Система Ламберта

Перейдем к исследованиям Ламберта, который сообщает нам, что первые идеи его системы появились у него в 1749 г., в возрасте 21 года. Более точно ее отправные точки мы находим в его «Фотометрии», опубликованной в 1760 г., одна из глав которой носит название «De lumine fixarum earumque distantia» [[15]]. Это здесь он отличает уже Млечный Путь именем эклиптики неподвижных звезд и выражает мнение, что Млечный Путь есть аггрегат большого числа систем, каждая из которых объединяет множество солнц. Кроме того, ему удается посредством сравнения блеска неподвижных звезд с блеском планет, а именно, Сатурна, сделать оценку расстояния звезд первой величины. Он оценивает его более чем в 425 000 радиусов орбиты, что согласуется, как он говорит, с наблюдениями Брадлея, которые дают параллакс меньший чем полсекунды[[16]]. Полностью его система была изложена в его «Космологических письмах об устройстве вселенной»,[15] опубликованных в следующем, 1761, году. В этой работе, замечательной по ясности изложения и глубине проникновения, автор рассматривает как устройство солнечной системы, так и устройство звездного неба. Известно, что в первой части он выразил свой взгляд о большом числе комет, существующих в солнечной системе, и о их распределении, — взгляды, которые позднее расширил и упрочил знаменитый Ольберс.

Но мы оставим эту часть работы в стороне и ограничимся тем, что дадим, по возможности, точное общее

представление о том, что̀ эта работа устанавливает по отношению к неподвижным звездам. Я думаю, что следующие тезисы, взятые отчасти дословно из различных мест этой работы, содержат суть умозрений геометра-философа.

1. Неподвижные звезды суть солнца, сопровождаемые наподобие нашего Солнца планетами и кометами. Каждое Солнце с зависимыми от него телами образует системупервого порядка.

2. Наше Солнце принадлежит к большому шарообразному скоплению звезд, или к системе второго порядка, образованной совокупностью звезд, разбросанных по небесному своду во всех направлениях и не принадлежащих к Млечному Пути, хотя частично и расположенных в направлении к этой полосе.

3. Есть большое число систем второго порядка. Эти различные системы никоим образом не разбросаны без порядка или во всех возможных направлениях в пространстве. Все они находятся в соседстве с некоторой главной плоскостью, примыкая одни к другим и образуя тем самым явление Млечного Пути. Последний есть система третьего порядка, но продолговатой, не шарообразной формы, или формы диска с диаметром, несравненно бо̀льшим, чем его толщина. Подразделение системы третьего порядка (Млечного Пути) на различные системы второго порядка (скопления звезд) следует из неоднородности Млечного Пути, из его переменной плотности и из его разветвления.

4. По аналогии, во вселенной есть множество млечных путей. Возможно, что туманность Ориона есть такой млечный путь, соседний с нашим. В этом случае телескопы покажут нам еще больше подобных туманностей, когда мы приступим к их исследованию [17]. Совокупность этих различных млечных путей образует еще более высокую систему четвертого порядка.

5. Аналогию можно продолжить вплоть до идеи о системах пятого порядка, и т. д. Но она начинает с этих

пор делаться произвольной, так как она переходит через границы нашего восприятия. Поэтому звездная астрономия для нас распространяется: 1) на Солнце, 2) на кучи солнц, 3) на Млечный Путь, 4) на совокупность различных млечных путей[18].

6. Общая связь различных систем того же порядка и последовательных высших порядков состоит во всемирном тяготении, которое везде производит центральные движения.

7. В солнечной системе различные планеты разделены друг от друга расстоянием, несравненно бо́льшим, чем протяженность частной системы, которую образует планета со своими спутниками.

Сходным образом налицо громадное расстояние между различными солнцами в системе второго порядка, если сравнивать его с протяженностью, охватываемой каждым солнцем и телами, которые от него зависят [19]. Наиболее близкая соседняя звезда почти в 500 000 раз дальше от Солнца, чем Земля [20].

8. Эта изоляция систем того же порядка идет еще дальше. Скопление звезд, частью которого является наше Солнце, содержит свыше полутора миллиона звезд, разбросанных во всех направлениях и образующих шарообразную систему с диаметром, почти равным 150 расстояниям звезды первой величины (Сириуса) и Солнца [21]. Но последние звезды этого громадного скопления находятся на расстоянии несравненно меньшем, чем первые звезды, которые принадлежат к одному из других соседних скоплений, собранных в Млечном Пути. Надо оценить расстояние первых звезд Млечного Пути по меньшей мере в 750 расстояний Сириуса, т. е. внутренний диаметр Млечного Пути равен 1500 расстояниям Сириуса.[16]

9. Изоляция, в которой находится наше скопление относительно других частей Млечного Пути, вытекает не только из аналогии с изоляцией солнечной системы в ее скоплении, но она проявляет себя видимым образом также в резких границах Млечного Пути на небесном своде.[17]

10. Та же изоляция имеет место для всех других скоплений, которые собраны в Млечном Пути. Предполагая, что все эти скопления находятся, примерно, около той же плоскости и что их относительное расстояние всюду почти то же, нельзя допустить в Млечном Пути более шести скоплений, соседних с нашим. Другие скопления находятся за этими шестью и расположены на все возрастающих расстояниях от нашего скопления. Их число кажется невыразимо большим. Именно совокупность всех этих изолированных скоплений, распределенных на огромных пространствах, и производит непрерывный след Млечного Пути. Переменная интенсивность этой небесной полосы и отделение одной изолированной дуги показывают, что расположение всех этих скоплений не вполне правильно.

11. Однако система Млечного Пути никоим образом не бесконечна. Она имеет свои внешние границы; это проявляет себя в том обстоятельстве, что Млечный Путь не представляется в виде большого круга сферы, но как параллельный ему круг, хотя и мало отличный от большого круга. Трудно оценить внешний диаметр Млечного Пути. Во всяком случае, надо предположить, что он в несколько сотен раз больше его внутреннего диаметра. Расстояние последних звезд Млечного Пути поэтому будет по меньшей мере = 150 000 расстояниям Сириуса [18] [22].

12. Отклонение Млечного Пути от формы большого круга, доходящее до 5°, есть следствие бокового положения нашего скопления звезд относительно главной плоскости других скоплений, из которых состоит Млечный Путь [23]. Кроме того, наша куча находится ближе к периферии Млечного Пути, чем к центру [24], по направлению к колюру Козерога. Поэтому именно здесь мы наблюдаем наиболее широкую область Млечного Пути.[19]

13. Солнце расположено в своем скоплении также эксцентрично, но оно удалено от центра на немного расстояний Сириуса. Этот центр скопления находится со стороны Ориона

или Большого Пса потому, что в этом направлении мы видим большее число звезд нашего скопления, расположенных на большем расстоянии.

14. Существование тяготения обнаруживается для всех тел нашего скопления постоянным движением неподвижных звезд, недавно (в 1760 г.) обнаруженным исследованиями Товия Майера.[20] Потому что там, где есть поступательное движение, должна существовать центральная сила, чтобы система со временем не разложилась; равным образом, там, где есть центральная сила, необходимо также предполагать поступательное движение, чтобы в конце концов тела не упали одно на другое [25].

15. Собственное движение, обнаруженное у других неподвижных звезд, показывает нам равным образом собственное движение Солнца. Поэтому видимое движение неподвижных звезд есть результат двух эффектов, из которых один есть реальный или физический, т. е. принадлежащий самим звездам, а другой есть оптический, т. е. производится перемещением Солнца. Со временем будет возможно разделить два эффекта и определить то место неба, к которому движется Солнце [26].

16. Простота движений планет и комет в солнечной системе вызывается, главным образом, превосходством массы центрального тела. Или, допуская здесь аналогию между солнечной системой в малом и системой второго порядка нашего скопления в большом, приходим к предположению о существовании достаточно большого центрального тела этого скопления, тем более, что для системы более высокого порядка явления изменений должны быть более простыми. Если бы мы хотели предположить, что система второго порядка — скопление — лишена центрального тела, движения в этой системе, вызванные сочетанием миллионов различных притяжений, были бы слишком сложны и не соответствовали бы системе, протяженность и устойчивость которой требуют простого начала. Представляется, что эта устой-

чивость была бы возможной лишь в присутствии центрального тела [27].

17. Это центральное тело нашего скопления должно обладать значительной массой. Его величина зависит, кроме того, от плотности его вещества. Обе они, масса и величина, должны быть в соответствии с протяженностью системы. Центральное тело может иметь собственный свет, но слабый, если только, скорее, оно не является непрозрачным телом, освещенным солнцем, которое к нему наиболее близко. Если солнцам предназначено освещать другие небесные тела центральное тело — непрозрачно, но освещено. как планета. В этом случае есть поразительное сходство между устройством системы скопления и устройством солнечной системы: между ними имеется лишь одно различие, за исключением шкалы. В малой системе непрозрачные тела обращаются вокруг центрального светящегося тела, между тем как в большой системе эти светящиеся тела описывают свои орбиты вокруг центрального непрозрачного тела.

18. Возможно, что существование и место центрального тела нашего скопления однажды обнаружится из малых возмущений в движениях планет солнечной системы, по аналогии с движением Луны вокруг Земли, возмущенным действием Солнца.[21]

19. Центральное непрозрачное тело может иметь фазы либо из-за движения солнца, которое его освещает,[22] либо, если оно имеет пятна, вследствие вращения вокруг своей оси. Надо испытать в этом отношении туманность Ориона, которая может быть центральным телом системы, будучи расположенной в указанном направлении на центр. Это решат наблюдения. Надо посмотреть, следуют ли правильному периоду изменения, которые, как думают некоторые астрономы, они заметили у этой туманности.

20. Приписав нашему скоплению центральное или господствующее тело (Regent), аналогия побуждает нас допустить другое тело, господствующее над совокупностью Млечного

Пути. Величина этого тела должна быть в соответствии с его империей [28]. Допустимо продолжить эту аналогию еще дальше (см. тезис 5).

Можно ли отказать в своем восхищении этим выводам, ясным, логичным и одновременно богатым счастливыми взглядами, в особенности, если учесть малое количество прочных оснований, которые в эту эпоху доставили наблюдения? Однако надо согласиться с тем, что в системе Ламберта есть слабые места, вызванные, главным образом, чересчур распространенным ее применением и злоупотреблением аналогиями. Именно это привело к предположению о больших центральных и непрозрачных телах, чье существование, хотя и возможное, не доказано никаким убедительным способом. Напротив, все, чему нас учит современная астрономия о двойных и кратных звездах и вплоть до многочисленных скоплений, составленных из сотен и тысяч звезд, показывает соединение солнц в систему без господствующего ядра. То же относится и к аналогии с солнечной системой, которая порождает мысль о взаимной изоляции различных скоплений, из которых Ламберт составляет Млечный Путь, но которая противоречит общей, хотя и несовершенной однородности его вида. Наконец, эта изоляция систем второго порядка побудила автора предположить недопустимые размеры видимого Млечного Пути. Он помещает первые звезды Млечного Пути на расстояние, в 750 раз большее расстояния звезд первой величины. Но мы ниже увидим, что на таком огромном расстоянии неподвижная звезда была бы невидима в 20-футовый телескоп Гершеля. Наконец, чтобы увидеть последние звезды Млечного Пути, которые Ламберт помещает на расстояние, в 150 000 раз большее Сириуса, понадобился бы телескоп (with front view) [48] с зеркалом более 300 футов в диаметре и с трубой, имеющей около 3000 футов или почти в версту длиной.[23] Но, чтобы объяснить, как звезды могут быть видимы на таких больших расстояниях, Ламберт совершает серьезную фотометрическую

ошибку, которая могла бы показаться весьма странной со стороны автора классической работы по фотометрии, если бы она не была более физиологической, чем оптической природы [24] [[29]].

6. Исследования Мичелла

Мы должны процитировать еще последнего из предшественников Гершеля — церковнослужителя Джона Мичелла, который в 1767 г. опубликовал мемуар, весьма замечательный удачным применением теории вероятности к явлениям звездного неба, чего до того никто не пробовал. Этот мемуар трактует о параллаксе, блеске и особенностях в положении неподвижных звезд.[25] Мичелл в начале определяет, как это сделал Ламберт 7 годами ранее, приблизительное значение параллакса Сириуса сравнением блеска этой звезды с блеском Солнца с помощью планеты Сатурн,[26] который, когда кольцо невидимо, имеет видимую величину, почти тождественную с таковой указанной неподвижной звезды. Он приходит к результату, что параллакс Сириуса должен быть меньше секунды. «Если и будет возможно, — говорит он, — определить этот параллакс наблюдением,[27] однако истинный диаметр неподвижных звезд никогда нельзя будет измерить [[30]], так как даже для Сириуса он, вероятно, меньше 2 сотых секунды. Поэтому понадобился бы телескоп, который увеличивал бы в 12000 раз, чтобы сделать его видимым».[28] Затем он излагает важность фотометрии неподвижных звезд, которая имела бы целью численную оценку отношения между блеском Солнца и блеском различных звезд. Так как несколько грубых опытов показали, что блеск Сириуса превосходит блеск последних неподвижных звезд шестой величины от 400 до 1000 раз, он помещает эти звезды на расстояния, в 20 и 30 раз бóльшие, и выводит отсюда параллакс от $0'',05$ до $0'',03$.

Наиболее замечательными рассуждениями этого мемуара являются те, в которых рассматривается распределение звезд и резюме которых следующее.

1. Разделение звезд на созвездия произвольно. Тем не менее, надо согласиться, что сама природа их разместила в группы; это значит, что мы видим в некоторых местах неба больше, а в некоторых местах меньше звезд. Соединение звезд в группы не может быть результатом случайного распределения звезд. В самом деле, прилагая теорию вероятности к различным случаям поразительного сближения между звездами неба, мы узнаем, что вероятность такого сближения в результате случая чрезвычайно мала.[29] Поэтому надо допустить, что звезды сгруппированы в некоторой связи друг с другом и что они образуют системы, подчиненные либо всемирному тяготению, либо другому закону, данному творцом.

2. Звезды двойные, тройные и т. д., которые нам позволяет видеть телескоп, в большинстве случаев суть двойные и т. д. системы. Есть системы из четырех и большего числа звезд.

3. Созвездия, состоящие из большого числа маленьких звезд, и группы, видимые невооруженным глазом, как Плеяды, также образуют отдельные системы.

4. То же самое имеет место в таких скоплениях звезд, как Ясли и рукоятка меча Персея — скоплениях, которые видимы невооруженным глазом, но звезды которых в отдельности видны только с помощью зрительных труб. От этих групп можно перейти к другим, более сжатым скоплениям звезд и, наконец, к туманностям, которые суть скопления, расположенные на чрезвычайно большом расстоянии.[30] Звезды, окруженные туманностью, вероятно, являются очень большими центральными звездами в системах, составленных из большого числа звезд, слишком маленьких, чтобы быть видимыми раздельно [31].

5. Но принадлежит ли также и Солнце к какой-нибудь изолированной группе? Вероятно! Можно допустить, что наиболее блестящие звезды различных созвездий, а затем звезды с меньшим блеском, при рассмотрении в зрительную

трубу кажущиеся изолированными, и наконец большинство звезд красного цвета [31] — все принадлежат к системе, частью которой является Солнце. Это рассуждение подтверждается собственными движениями, обнаруженными по преимуществу у звезд первой величины.[32] Система, часть которой составляет Солнце, кажется содержащей не более тысячи звезд, а может быть нескольких сотен (350).

Весьма странно, что Мичелл не говорит ни слова о Млечном Пути.

7. Отношение между Гершелем и его предшественниками

Г-н Араго в своем ученом анализе жизни и работ сэра В. Гершеля («Annuaire» [[32]] на 1842 г.) цитирует Райта, Канта и Ламберта как предшественников Гершеля в исследованиях Млечного Пути и не может объяснить, как Ламберт не обратил никакого внимания на умозрения Канта, предшествовавшие на 6 лет, и почему Гершель 29 годами позже равным образом игнорировал имена и кенигсбергского философа и мюльгаузенского геометра. Это молчание Ламберта полностью объясняется несовершенством литературных сообщений в эту эпоху. В действительности мы знаем, что Ламберт не имел никакого понятия об анонимной работе Канта,[33] потому что он писал ему в 1765 г., что он никогда не видел этой работы; и сам Кант сообщает в примечании к одному трактату 1763 г., что «История неба» была очень мало распространена и что она была неизвестна также и Ламберту во время опубликования «Космологических писем». Заметим также, что ход исследования у двух авторов существенно различен. Кант, отправляясь от основной идеи, философски расширяет свои взгляды посредством умозрения и затем ищет подтверждения в опыте. Ламберт, напротив, исходит из опыта, от явлений, в точности изученных, и старается вывести из них новые истины геометрическим путем, которому помогает умозрением. Что же касается Гершеля, то следует предположить, что, покинув свое оте-

чество, он потерял из виду научные работы Германии. Кроме того, лишь очень редко в его мемуарах мы находим исторические примечания. Если бы работы его двух предшественников были бы ему известны,[34] в чем я сомневаюсь, все равно он мог обойти их молчанием, так как его собственные работы были совершенно другого характера. Он поставил себе целью обосновать знание звездного неба на точных наблюдениях, сделанных помощью мощных инструментов и по обдуманному плану; эту работу он выполнил с настойчивостью, беспримерной в анналах астрономии. Потому что, как бы ни были значительны открытия этого несравненного астронома, которые относятся к различным телам солнечной системы, мы приписываем их, в первую очередь, превосходящей силе его инструментальных средств, созданных, главным образом, им самим. Но в его исследованиях по звездной астрономии мы удивляемся больше гению и проникновению ума, чем эффективности телескопов; и это те работы, в которых потомство нашло наибольшее основание для бессмертия. Также и сам Гершель поставил их во главу своих исследований, говоря во введении к мемуару 1811 г.: «Знание устройства неба всегда было конечной целью моих наблюдений».

Наблюдения и умозрения Гершеля отличаются в общем замечательной независимостью от предшествующих работ. Его система принадлежит ему; он заложил ее основы и он построил ее до вершины. Однако, чтобы не нарушать историческую точность, надо согласиться, что к некоторым взглядам он пришел благодаря умозрениям Мичелла и что в том, что касается исследований туманностей, стимул был дан ему каталогом туманностей и скоплений звезд, наблюденных Мессье в Париже и Лакайлем в Капе и опубликованных в 1780 и 1781 гг. в «La Conaissance des Temps» [[33]] на 1783 и 1784 гг. Его открытия новых туманностей начинаются с 1783 г., когда он обратил внимание на каталог Мессье. Но к 103 туманностям этого каталога он на

протяжении 20 лет вплоть до 1802 г. добавил урожай в 2500 туманностей, ранее неизвестных.[35]

8. Работы В. Гершеля. Общий взгляд

Громадные астрономические работы сэра Виллььяма Гершеля содержатся в последовательности из 73 мемуаров, опубликованных в «Philosophical Transactions» [[34]] Лондонского королевского общества. Пулковская обсерватория располагает полной коллекцией этих отдельных частей, собранной самим автором и обогащенной его поправками и несколькими рукописными примечаниями. Этот драгоценный дар был сделан мне во время пребывания в Слоу в 1830 г. его знаменитым сыном; и я думаю, что сделал из него наиболее достойное употребление, сдав его на хранение в библиотеку центральной обсерватории. С чувством живейшей признательности по отношению к дарителю я объявляю также, что в особенности благодаря этой коллекции я начал прилежно изучать работы Гершеля, избавившись от обшаривания 39 томов «Transactions» с 1780 до 1818 г.[36] Последний мемуар Гершеля находится в первом томе публикаций Лондонского королевского астрономического общества, коего он был первым президентом. Не настало ли время, чтобы Англия решила почтить память своего величайшего астронома[37] полным и систематическим[38] изданием его трудов? Это опубликование было бы не только свидетельством уважения бессмертному астроному, но оно оказало бы действенное влияние на ход науки [[35]]. Потому что невозможно успешно развивать звездную астрономию без прилежного и подробного изучения работ Гершеля.

Мемуары Гершеля по звездной астрономии имеют предметом:

1. Природу Солнца и неподвижных звезд. Блеск звезд. Переменные звезды.

2. Параллакс неподвижных звезд.

3. Собственные движения неподвижных звезд и солнечной системы в пространстве.

4. Двойные и кратные звезды.

5. Скопления звезд и туманности.

6. Устройство неба (the construction of the heavens). Млечный Путь, и т. д.

Согласно Гершелю, эти 6 предметов образуют шесть разделов звездной астрономии.

9. Гершель. Система Млечнего Пути 1785 г.

Мы будем заниматься, по преимуществу, последним из этих разделов. Итак, дело идет о том, чтобы дать изложение взглядов сэра В. Гершеля на устройство Млечного Пути. Впервые общие взгляды были изложены Гершелем в двух мемуарах 1784 и 1785 гг. on the construction of the heavens. Так как мнение, которое там было выражено, было наиболее ясно воспроизведено в астрономии его знаменитого сына сэра Джона Гершеля, я дам здесь дословную передачу параграфов 585 и 586 этой работы, которые его содержат.[39]

(585). «Если сравнение видимых величин звезд с их числами не приводит ни к какому окончательному заключению, дело обстоит иначе, как только мы рассматриваем этот вопрос в связи с местным распределением на небе. Ограничиваясь тремя или четырьмя яркими классами блеска, мы действительно находим, что звезды распределены по сфере со сносной равномерностью. Но, рассматривая всю совокупность звезд, видимых невооруженным глазом, мы замечаем большое и быстрое увеличение числа звезд по мере приближения к краям Млечного Пути. И когда мы переходим к телескопическим величинам, мы находим скопление звезд сверх всякого воображения вдоль протяжения этого круга и ветви, которая от него отделяется. И действительно, полный свет Млечного Пути состоит из света звезд, средняя величина

которых может быть оценена десятой или одиннадцатой величины [36].

(58б) «Эти явления согласуются с гипотезой, что звезды нашего небосвода вместо того, чтобы быть разбросанными беспорядочно во всех направлениях пространства, образуют скорее слой, толщина которого мала по сравнению с длиной и шириной. В этом слое Земля занимает положение, мало удаленное от середины толщины и соседнее[40] с местом, где этот слой разделяется на два главных листа, наклоненных под малым углом один к другому. Потому что ясно, что если глаз помещен таким образом и если мы предположим, что звезды распределены достаточно равномерно в пространстве, которое они занимают, тогда видимая плотность будет наименьшая в направлении луча зрения, перпендикулярного листу, и наибольшая в направлении его ширины. В то же время плотность быстро увеличивается при переходе от одного направления к другому, совсем так, как мы видим, что легкий туман в атмосфере конденсируется вблизи горизонта в туманное облако, единственно благодаря быстрому увеличению длины луча зрения. В точности так сэр Вильям Гершель воспринимает и устройство звездного небосвода. Его мощные телескопы позволили произвести полный анализ этой удивительной зоны и обнаружили, что она полностью состоит из звезд. Огромные расстояния, на которых должны находиться последние области, объясняют крайнее обилие звезд малых величин, которое наблюдается в Млечном Пути».

Теперь надо отдать себе отчет в том способе, частью наблюдательном, частью умозрительном, который привел великого астронома из Слоу к тем взглядам на форму и протяженность Млечного Пути, которые мы указали. Это исследование, кроме того, приведет к интересным подробностям системы Гершеля.

Предполагая, что звезды, в общем, распределены между собой равномерно, число звезд, которое представляется в поле одной и той же трубы, должно быть почти тем же

в различных возможных направлениях, в случае, если пространство, которое содержит звезды, простирается всюду на одно и то же расстояние, т. е. в случае, когда звезды, видимые в трубу, собраны в шар, почти в центре которого находится глаз. Предположим, во-вторых, что слой равномерно распределенных звезд имеет форму цилиндрического диска малой толщины по сравнению с диаметром. В этом случае глаз, помещенный в центре диска, если края диска достижимы для него с помощью трубы, встретит в направлении диаметра большое число звезд, а в направлении оси — малое число. Отсюда следует, что подсчеты видимых звезд в различных направлениях приведут к определению либо внешней формы звездного слоя, либо места, занимаемого внутри его глазом. Примем, например, что внутри малого круга небесного свода диаметром в 15′ в некотором направлении насчитывается 10 видимых звезд, а в другом 80 видимых звезд — все время с помощью того же инструмента, — тогда два луча зрения находятся в отношении 1 к 2, или в отношении кубических корней из 1 и 8.

Кроме того, можно найти с помощью абсолютных чисел (например 10 и 80) и из относительных размеров поля трубы (например 15′) по сравнению со всем небесным сводом длину каждого луча зрения, выраженную через среднее расстояние между Солнцем и звездами первой величины; это последнее надо предположить тождественным со средним расстоянием между любой парой соседних звезд.[41]

Это и есть знаменитый метод вычерпывания неба или звездных черпков (gaging of the heavens, star-gages), который Гершель применял столь обширно, употребляя для этой цели свой телескоп с отверстием в 18.8 дюймов, увеличивающий в 157 раз и имевший поле с диаметром в 15′4″.[42] Это поле показывает каждый раз одну 833 000-ю всего небесного свода; и потребовалось бы свыше одного миллиона последовательных подсчетов, чтобы вычерпать, следуя Гершелю, все небо. Черпки, которые опубликовал этот

астроном, простираются от +45 до —30° по склонению. Эта большая зона содержит свыше 500 000 полей трубы, из которых приблизительно 3400 были исследованы Гершелем. Отсюда он вывел, соединяя вместе несколько соседних полей, 683 средних черпка. Эти черпки дают нам каждый раз число звезд, видимых в поле; это число чрезвычайно изменяется с направлением. Действительно, есть черпки, в которых число звезд составляет лишь долю единицы, и другие, в которых оно поднимается до максимума в 588 звезд. С помощью таблицы автор выводит из числа звезд длину соответствующего луча зрения, выраженного в расстояниях звезды первой величины; отсюда и было получено, что для черпка = 0.5 звезд луч зрения = 46, а для черпка в 588 звезд луч = 497 единиц — почти в одиннадцать раз больше первого.

Легко видеть, что, если черпки были взяты во всех направлениях, можно построить модель формы слоя с тем бóльшей точностью и подробностью, чем более значительно число черпков. Но так как околополярные черпки, как северные, так и южные, в его таблице отсутствуют, Гершель удовлетворился разрезом Млечного Пути и пришел к окончательному результату: «что наша туманность есть очень протяженное и разветвленное скопление, которое состоит из многих миллионов звезд». Будучи наклоненным на 35° к небесному экватору, который оно пересекает под $304^1/_2$ и $124^1/_2$° прямого восхождения, это сечение проходит на очень малом расстоянии[43] от полюсов этого следа; оно пересекает Млечный Путь под прямым углом, с одной стороны через две ветви, которые проходят через созвездие Орла, и с противоположной стороны — в южной части Единорога по направлению к Большому Псу. Оно проходит последовательно через следующие созвездия: Орла, Водолея, Южной Рыбы, Кита, Эридана, Зайца, Единорога, Гидры, Льва, Волос Вероники, Гончих Псов, Волопаса, Северной Короны и Геркулеса.

Форма сечения была представлена в мемуаре Гершеля рисунком, повторенным с тех пор в большом числе астрономических работ. Действительно, его контуры весьма причудливы и неправильны. Положение Солнца мало удалено от центра тяжести фигуры. Звезды, видимые невооруженным глазом, все находятся внутри небольшого круга, окружающего положение Солнца. Наиболее длинная ось фигуры имеет протяженность в 850 единиц = расстояниям звезд первой величины. Эта линия проходит вблизи положения Солнца. В направлении, почти в точности перпендикулярном, мы имеем наименьшую протяженность слоя, проходящую через Солнце. Толщина здесь не превосходит 155 единиц. Поэтому наша туманность — в $5^1/_2$ раз более протяженная в одном направлении, чем в другом [44] [[37]]. Наиболее отдаленные точки Млечного Пути находятся в двух разделенных ветвях в созвездии Орла, где мы имеем расстояния в 497 и 420 единиц. Между двумя этими крайними точками помещается пустой залив, глубина которого находится от Солнца на расстоянии = 352 в стороне Млечного Пути под Большим Псом. Два наиболее коротких луча зрения от Солнца суть 75 единиц со стороны Волос Вероники и 80 единиц со стороны Кита.

Чтобы конкретизировать, я предвосхищу здесь одно из данных, которые нам доставила вторая часть этого доклада. Из нее будет видно, что среднее расстояние звезд первой величины сегодня приближенно известно и что оно почти в миллион раз превышает радиус орбиты Земли [[38]]. Следовательно, по системе Гершеля, звезды края нашего слоя в созвездии Орла были бы на огромном расстоянии, в 480 миллионов раз бо́льшем, чем расстояние Солнца от Земли, которое свет проходит в 7570 лет. Наибольшее протяжение Млечного Пути между краями стороны Орла и Единорога достигает 817 миллионов радиусов нашей орбиты, и свет должен был бы употребить 12 920 лет, чтобы пробежать эту длину [[39]].

В конце своего мемуара 1785 г. Гершель говорит, что его телескоп показал ему другие туманности, которые

3*

не могут быть не чем иным, как млечными путями, подобными нашему, но, вероятно, гораздо больших размеров. Это — туманности значительного видимого протяжения, которые в то же время не разложимы в его телескоп. Он их упоминает 10, и в том числе большие туманности Ориона и Андромеды [[40]]. Первая кажется нам в телескопы величиной почти в лунный диск, но имеет очень неправильную форму; вторая, более правильная и продолговатая, имеющая $1^1/_2{}^\circ$ в одном измерении и 16′ в другом, намного превосходит видимый диск Луны. Эта последняя туманность, по Гершелю, является наиболее близкой к нам [[41]] и находится на расстоянии, которое он оценивает около 2000 расстояний звезд первой величины [45] [[42]]. Наконец, он предполагает, что планетарные туманности малого диаметра,[46] округлой формы и равномерного свечения суть туманности или млечные пути, помещенные на огромных расстояниях от нас, и звезды которых конденсированы и собраны в наиболее высокой степени [[43]].

10. Гершель. Критика системы 1785 г., основанная на изучении последующих мемуаров

Объяснение, которое дает Гершель явлениям Млечного Пути по системе, которую мы изложили, было бы геометрически строгим, если бы два положения, которые она предполагает, были бы точны или, по меньшей мере, приближенно правильны. Одно из них — это предположение о почти равномерном распределении звезд в пространстве; другое, еще более важное, состоит в том, что Гершель должен был предположить, что с помощью своего телескопа в 20 футов он действительно везде достигает границ нашего слоя. Не ставя отчетливо это последнее условие во главу своего исследования, он касается его, однако, в течение своего изложения, говоря, что его телескоп, вероятно, достает далеко за пределы Млечного Пути [47] [[44]].

Одной из наиболее выдающихся черт в характере Гершеля которая в высшей степени способствовала успеху его работ, была настойчивость. Мы видим, что большие вопросы звездной астрономии занимали его в течение полных 50 лет его научной деятельности; что он неослабно старался увеличить материал помощью наблюдения; расширить и исправить свои взгляды наиболее глубоким умозрением. Здесь мы можем упомянуть о его исследованиях двойных звезд. Мы видим, что его первые исследования относительно этих небесных тел начинаются с 1774 г. Его последние опубликованные наблюдения относятся к 1804 г., а последний мемуар, в котором они трактуются, появился в 1821 г.[48] Рискнем ли мы судить о взглядах Гершеля на двойные звезды единственно по его трактату о параллаксах 1781 г., который предшествовал его первому каталогу этих звезд? Конечно, нет! Наоборот, надо изучить последовательное развитие взглядов Гершеля в серии мемуаров, которые сюда относятся [[45]]. В 1781 г. двойные звезды представлялись ему случайным явлением, без физической причины, но подходящим для исследования параллаксов. В 1783 и 1784 гг. он думает использовать их для исследования движения Солнца в пространстве, пользуясь эффектом векового параллакса [[46]]. Наконец, в 1802 г. он распознает двойные и кратные звезды, связанные взаимным тяготением; он наблюдает движение вокруг центра тяжести и даже периоды обращений. Какая огромная разница между взглядами 1781 г. и взглядами 1802 г.! Заметим, наконец, что этот прогресс был обязан не только исключительно настойчивости и таланту великого астронома, но равным образом второму, не менее интересному качеству его духа — никогда не быть предвзятым, всегда быть готовым оставить мнение, если к этому побуждает продолжительный опыт и более зрелое рассуждение.

Мы должны теперь проследить взгляды Гершеля на Млечный Путь во всех его мемуарах, последовавших за двумя, на которых было основано предыдущее изложение.

Это изучение тем более неизбежно, что Гершель изложил свою первую систему с чрезвычайными оговорками, с самого начала допуская возможность будущей, по меньшей мере частичной, реформы этой системы.[49]

Есть двенадцать мемуаров, последовавших за 1785 г. и вплоть до 1818 г., которые более или менее прямо относятся к устройству Млечного Пути.[50] Мы можем использовать рассмотрение этого богатого материала, чтобы судить о прогрессе и последовательном изменении взглядов Гершеля. Результаты, относящиеся к основам старой системы, собраны в следующих пунктах:

1. Во-первых, мы видим, что Гершель, в конце концов, полностью оставил гипотезу о равномерном распределении звезд в пространстве. Уже в 1796 г. он говорит следующее: «Гипотеза о равной величине и правильном распределении звезд, которой мы пользовались, слишком далека от точной истины, чтобы служить основой для этого исследования. Исследованные скрупулезно звезды первого и второго классов с достоверностью показывают, что, будучи точным, надо предположить, по крайней мере, до некоторой степени, что они разной величины или расположены на разных расстояниях. Несомненно имеют место обе эти вариации. Этого единственного соображения вполне достаточно, чтобы показать, что как бы ни была, может быть, справедлива гипотеза равенства величин и распределения с общей точки зрения, она не может сослужить никакой службы, если дело идет о большей точности». Таковы первые сомнения, высказанные Гершелем, о равномерном распределении звезд, которое он, однако, полностью не отбрасывал для общего употребления, например, в исследовании общей формы Млечного Пути.

Мы видим также, что еще в 1799 г. он придерживался старой системы. Действительно, в своем мемуаре о проницательной способности он доказывает согласие между крайними расстояниями Млечного Пути, которые он нашел двумя методами, совершенно различными между собой, а именно

методом черпков и методом проницательной способности его телескопа. И лишь в 1802 г. его суждения установились, как мы видим в следующем отрывке из введения к последнему каталогу туманностей: «В результате длительного рассмотрения и постоянного испытания я убежден теперь, что Млечный Путь состоит из звезд, распределенных совсем иначе, чем те, которые нас окружают».

Наконец, он подобным же образом высказывается в мемуарах 1811 и 1817 гг., из которых мы процитируем два следующих отрывка:

(1811) «Если кто-нибудь заметит, что в этом новом устройстве я не вполне согласен с тем, что говорил в предыдущих писаниях о некоторых объектах, которые я исследовал в моих наблюдениях, то я должен откровенно сознаться, что в продолжении моего осмотра (Sweeps) неба мое мнение о распределении звезд и их видимых величинах, также как и о нескольких других сторонах, испытало постепенное изменение. Действительно, принимая во внимание новизну предмета, мы не должны удивляться, что много сторон, которые мы считали вне сомнения, проявились при рассмотрении совершенно иначе, чем в моем чересчур смелом предположении.

«Например равномерное распределение звезд в пространстве могло бы быть принято в некоторых вычислениях. Но если мы рассмотрим Млечный Путь, или тесные скопления звезд, которые представлены в таком большом количестве в моих каталогах, это равномерное распределение должно быть отброшено» [47].

(1817) «Что касается черпков, которые я брал для определения расстояний, предполагая равномерное распределение, в настоящее время я должен заметить, что хотя большее число звезд в поле (трубы), вообще говоря, есть признак их большего расстояния, эти черпки, в действительности, свидетельствуют скорее о сгущении звезд. Они дают нам об этом драгоценное указание и

показывают различное богатство в звездах в различных областях неба».

Таким образом, первое из двух оснований системы 1785 г. было уничтожено самим автором.

2. Рассмотрим теперь второе основание, а именно, что в черпках действительно были достигнуты крайние пределы Млечного Пути. Кажется, что суждение Гершеля об этом предмете установилось лишь в двух его мемуарах 1817 и 1818 гг. В первую очередь он цитирует (в мемуаре 1817 г.) 6 черпков, в которых он никоим образом не смог разложить Млечный Путь, даже в свой 20-футовый телескоп, улучшенный фронтальным зрением (front view) [48]. Мы знаем, что он предполагал, что крайняя граница Млечного Пути, установленная в 1785 г., находится в созвездии Орла на расстоянии в 497 единиц (расстояний Сириуса). Теперь, в 1817 г., он говорит: «Благодаря этим наблюдениям ясно, что и крайний предел проницательной способности 20-футового телескопа не в состоянии прозондировать глубину Млечного Пути. Т. е. звезды, которые находятся вне досягаемости этого инструмента, должны быть более далеки, чем 900-й порядок расстояний».

Затем он добавляет, что следует предположить, что с телескопом в 40 футов видимая граница Млечного Пути простирается до 2300-го порядка и что на этом расстоянии имеет место та же неуверенность для этого инструмента, которая проявляется для расстояния более 900 единиц в 20-футовом телескопе. Наконец, в мемуаре 1818 г. он упоминает еще 4 черпка, благодаря которым он убедился, что его инструмент отнюдь не достигает конца слоя; он заканчивает это рассуждение следующим отрывком:

«В этих десяти наблюдениях мы видим, что черпки, примененные к Млечному Пути, останавливаются в своем продвижении малостью и крайней слабостью звезд. Не остается поэтому никакого сомнения в дальнейшей протяженности звездной области. В самом деле, если бы в одном из

наблюдений была заподозрена слабая туманность, применение более сильного увеличения показало бы, что сомнительная видимость была вызвана смесью большого числа звезд, слишком малых, чтобы быть видимыми с помощью более слабого увеличения. Мы можем поэтому сделать вывод, что если наши черпки перестают разлагать Млечный Путь на звезды, то это не потому, что его природа сомнительна, но потому, что он неизмерим» (fathomless) [49].

Этими тезисами Гершель уничтожил второе основание своей предыдущей системы.

3. Мы приходим, следовательно, к результату, может быть, неожиданному, но неоспоримому, что система Гершеля об устройстве Млечного Пути, высказанная в 1785 г., обрушилась во всех частях благодаря дальнейшим исследованиям ее автора и что сам Гершель полностью ее оставил.

11. Последовательное развитие взглядов Гершеля на Млечный Путь и другие части звездной астрономии от 1785 до 1818 г.

Было бы несовместимо с духом Гершеля предполагать, что он разрушил свою первую систему взглядов на Млечный Путь без того, чтобы заменить ее новыми взглядами, основанными на сочетании его все более углубленных исследований. Заметим здесь сначала, что есть два различных периода в общих взглядах Гершеля на звездную астрономию, которые разделены указанной датой. Я назову первый из этих периодов периодом оптических взглядов, а второй — периодом физических взглядов.

Чтобы характеризовать первый период, который начинается с начала его астрономической деятельности, мы имеем следующие тезисы:

1. Двойные и кратные звезды, в общем, представляют собой явление проекции, или оптическое. Однако они имеют

большой научный интерес, представляя наиболее простой способ для определения параллакса неподвижных звезд, а также собственного движения Солнца.

2. Млечный Путь есть результат проекции звезд, равномерно распределенных в пространстве, но у которых наблюдаются более длинные ряды в одном направлении, чем в другом.

3. Принимая в качестве отправной точки, что число звезд, видимых в черпке, определяет длину луча зрения, можно определить форму Млечного Пути выборочными подсчетами звезд в различных направлениях.

4. На звездном небе физические зависимости проявляются только в богатых группах звезд и звездных скоплениях, или разложимых туманностях, согласно доказательству, данному Мичеллом с помощью теории вероятностей.[51]

5. Неразложимые туманности суть не что иное, как очень отдаленные скопления звезд; это то же явление, но под другой внешностью.

Можно сказать, что 1785 г., когда Гершель дал свой анализ формы Млечного Пути, был кульминационным пунктом первого периода.

Переход от первого периода ко второму совершался постепенно. В 1791 г. мы впервые встречаем идею о туманности, собранной в звезду без того, чтобы быть звездной природы, и весьма определенный вывод о том, что невозможно допустить, что все видимые туманности являются продуктом соединения звезд. Однако в том же мемуаре Гершель еще сомневается во взаимной зависимости двойных звезд, таких, как ε Волопаса. В 1794 г. он довольно отчетливо высказывается насчет сгущения звезд в некоторых областях неба, однако без того, чтобы отвергнуть правильность, в общем, своей прежней системы. Как мы уже отмечали выше, он придерживается ее вплоть даже до 1799 г. Новые общие взгляды на звездное небо приняли определенную форму только в 1802 г., благодаря блестящему открытию,

о котором он объявил во введении к последнему каталогу туманностей в следующих словах:

«Скоро я представлю серию наблюдений над двойными звездами, которая покажет, что некоторые из них действительно последовательно изменяют свое относительное положение, чтó указывает на периодическое обращение одной вокруг другой, либо в прямом, либо в обратном направлении».

В следующем, 1803, году появился бессмертный мемуар об изменениях в относительных положениях двойных звезд. Кризис, так сказать, назрел. Почти чисто оптическое объяснение звездных явлений пришлось оставить с того времени, как было строго показано физическое действие в двойных звездах.

Второй период — период физических взглядов, содержит следующие 5 фундаментальных тезисов:

1. Двойные и кратные звезды, по большей части, являются двойными и тому подобными системами небесных тел, соединенных взаимным тяготением.

2. В Млечном Пути мы повсюду видим эффекты сгущения звезд, то более сильного, то более слабого. Подсчеты звезд в черпках не могут более служить для определения длины радиуса зрения, так как они показывают, принимая во внимание видимые величины, лишь относительную степень сгущения.

3. Относительное расстояние различных звезд должно быть оценено фотометрическим путем, т. е. сравнением блеска звезд[52] [50].

4. Есть физическая зависимость, подобная той, которая обнаруживается у двойных и кратных звезд, в двойных, тройных и тому подобных туманностях [51] и, сходным образом, между некоторыми звездами и туманностями, которые их окружают особым образом [52]. Поэтому существует светящаяся туманная материя, которая не имеет звездной природы. Она весьма распространена в небесном пространстве, либо в состоянии рассеяния, либо постепенной конденсации вплоть до состояния неподвижной звезды.

5. Что касается разложимых туманностей, здесь не существует никакой неуверенности, и несомненно, что большое число звездных скоплений, помещенных на очень большом расстоянии, имеет вид неразложимых туманностей [53].

В этих тезисах обозначены общие взгляды второго периода на Млечный Путь. Посмотрим, будем ли мы в состоянии дать их в подробностях.

Сперва отметим, что с 1802 г. в исследованиях Гершеля больше нет вопроса о фигуре Млечного Пути. Он больше не является ограниченным слоем, так как он неизмерим и поэтому невозможно охватить его полностью. Гершель исследует его части, доступные вооруженному глазу, и сравнивает эти части друг с другом и с другими областями небесной сферы.

Я думаю, что будет интересно проследить за развитием идей Гершеля на Млечный Путь в последовательных мемуарах, начиная с 1802 г. Первое общее изложение находится в последнем каталоге туманностей 1802 г. Гершель перечисляет в нем *части, которые входят в строение неба*, — они следуют ниже.

1. *Изолированные звезды*. Солнце принадлежит к этому классу.[53]

2. *Двойные звезды*, или двойные звездные системы.

3. Более *сложные звездные системы*.

4. *Млечный путь*. Через двойные и кратные звезды мы приходим, говорит он, к рассмотрению Млечного Пути. Эта огромная коллекция звезд никоим образом не однородна; везде она проявляет тенденцию к сгущению, к образованию роев, сгущающихся к середине (clustering collections). Сгущение (compression) в этих частях увеличивается соответственно интенсивности их блеска.

5. *Группы звезд*. Звезды соединены здесь внутри некоторой фигуры, но без сгущения к центру.

6. *Скопления звезд* (clusters),[54] которые существенно отличаются от групп тем, что они округлы и показывают

непрерывное и более быстрое сгущение к центру [[54]]. К числу скоплений надо причислить одну часть туманностей, которые суть скопления, помещающиеся на огромных расстояниях. Эти туманности являются также наиболее отдаленными объектами, которые нам позволяет увидеть телескоп [[55]].

Мы оставим в стороне все, что касается диффузных туманностей и туманных звезд. Об этой части звездной астрономии Гершель много рассуждал в большом мемуаре 1811 г., в котором он развил блестящие идеи об образовании звезд, которые, постепенно сгущаясь, последовательно переходили от состояния диффузной туманности к конечному состоянию неподвижной звезды. Известно, что эти идеи встречаются с умозрением Канта [55] и со взглядами знаменитого Лапласа на образование солнечной системы, полученными при следовании противоположным путем, и что этот великий геометр признавал чрезвычайное правдоподобие философской классификации туманностей, к которой пришел Гершель после того, как он завершил исследование Млечного Пути, видимого в Слоу.[56]

В мемуаре 1814 г. «О звездной части неба и ее отношении с небулярной частью» мы встречаем следующее замечание:

«Если скопления (clusters) расположены в очень богатых частях неба, они в общем имеют неправильную форму и сконцентрированы весьма несовершенно. Скопления, которые находятся внутри или вблизи Млечного Пути, должны быть рассматриваемы как части большой массы, собранные действием концентрирующей силы, существование которой они обнаруживают».

Гершель упоминает по этому случаю:

20 аггрегаций звезд, которые показывают тенденцию к форме скоплений, 112 неправильных скоплений, 15 скоплений неопределенной формы, 6 скоплений особой формы и природы, 41 значительно сжатых скоплений, 39 правильно конденсированных скоплений.

Это перечисление, основанное на всех его наблюдениях, содержит всего 233 скопления, из которых 146 находятся в Млечном Пути, 63 вблизи Млечного Пути и 24 вдали от Млечного Пути. Все эти скопления существенно отличаются от таковых другого класса, именуемых им шаровыми скоплениями (globular clusters) и которые он считает за наиболее интересные объекты неба. Он упоминает, в первую очередь, 14 ярких скоплений и прибавляет 16 объектов двух более слабых классов. Всего у него есть 30 шаровых скоплений, из которых 11 находятся в Млечном Пути, 6 по соседству с ним и 14 в других местах. Сразу видно, что большинство скоплений вовсе не находится в Млечном Пути, как это имеет место для скоплений, имеющих более или менее неправильную форму [[56]].

Собирая скопления, найденные Гершелем, и считая, что скопления, соседние с Млечным Путем, равным образом, принадлежат ему, всего мы имеем 263 скоплений, из которых 225 находятся в Млечном Пути, 38 вне Млечного Пути.

Предполагая, что средняя ширина Млечного Пути равна 10 градусам, он занимает всем своим протяжением, видимым в Слоу, одну двенадцатую небесного свода и девятую часть небосвода, видимого Гершелю. Мы примем, однако, по этому исчислению, что Млечный Путь в 54 раза более богат звездными скоплениями, чем другие части неба.[57] Поэтому надо рассматривать Млечный Путь как огромное собрание звездных скоплений, в особенности неправильно сконденсированных. Некоторые из этих куч группируются вновь и образуют, таким образом, нюансы Млечного Пути, которые мы видим невооруженным глазом [[57]]. Гершель упоминает 18 замечательных нюансов на полном протяжении приблизительно в 130 градусов, в двух ветвях Млечного Пути, от Стрельца до хвоста Лебедя, и затем дальше в его простом продолжении вплоть до созвездия Персея.[58]

Мемуар 1817 г. прямо относится к расположению небесных тел в пространстве и к протяженности и состоянию Млечного Пути. В нем Гершель широко употребил принцип уравнения блеска звезд, чтобы притти фотометрическим путем к сравнению между классами видимой величины и порядками расстояния. Фотометрическими наблюдениями, сделанными над некоторым числом звезд, от Сириуса, Капеллы и α Лиры до звезд шестой величины, он установил, что последние звезды шестой величины в 12 раз дальше, чем звезды первой величины. Невооруженный глаз проникает поэтому на расстояние в 12 единиц, равных средним расстояниям звезд первой величины. Комбинируя этот результат с данными его исследований о проницательной способности телескопов,[59] он находит, что в свой 20-футовый телескоп, употреблявшийся в черпках и проникавший в 61 раз дальше в пространство, чем невооруженный глаз, последние видимые звезды находятся на расстоянии в 61 раз по 12 или в 734 единицы. Тот же телескоп, имеющий благодаря фронтальному зрению проницательную способность = 75, переносит взгляд на 900 единиц. Его большой 40-футовый телескоп, который имеет проницательную способность = 195, увеличивает поэтому видимость звезд вплоть до расстояния в 2300 единиц. Закончив эти приготовления, Гершель изучает устройство Млечного Пути и приходит к следующим тезисам:

1. Млечный Путь, видимый невооруженным глазом, представляет форму последовательности светящихся кусков (пятен, patches), различно конденсированных и смешанных с другими кусками более слабого тона (именно здесь он дает подробное перечисление 18 нюансов Млечного Пути, указанных в 1814 г.).

2. Ширина Млечного Пути крайне неравномерна. Есть места, где она почти не превосходит 5°. В других она доходит до 16°. В одной части своего течения Млечный Путь отделяет ветвь длиною в 120° (it runs in a divided clustering

stream) [58]. Две ветви между Змееносцем и Антиноем [59] простираются по ширине более, чем на 22°.

3. Потом он исследует вид Млечного Пути, который представляет телескоп постепенно увеличивающейся проницательной силы, от 2 до 27 раз большей естественной силы глаза. Он сравнивает полученные виды между собой и со своими черпками 1785 г. и другими черпками, сделанными позже с улучшенным инструментом с проницательной способностью = 75. Таким образом, он приобретает уверенность в том, что видимая протяженность Млечного Пути увеличивается с силой использованного инструмента; что ему невозможно с его средствами распознать конец Млечного Пути и что даже 40-футовый телескоп может лишь расширить познание Млечного Пути, который неизмерим.

4. Блеск звезд Ориона указывает нам часть Млечного Пути, очень близкую к месту Солнца. В направлении Единорога вблизи экватора есть разрыв или звездная пустота между Солнцем и более далекими частями Млечного Пути. Другая пустота находится, если итти от Солнца по направлению к венцу Цефея.

5. Предположим, что видимая ширина Млечного Пути равна 5°; тогда для его частей, удаленных на 900 единиц (расстояний Сириуса), мы имели бы для линейной ширины значение в 78 единиц. Таким образом, Млечный Путь даже по ширине намного превосходит протяженность, видимую простым зрением. В направлении к своим полюсам он простирается втрое дальше расстояния последних звезд, видимых глазом [60].

«Отсюда следует, что не только наше Солнце, но и все звезды, которые мы можем видеть глазом, глубоко погружены в Млечный Путь и образуют его составную часть».

Нам остается сделать анализ последнего мемуара Гершеля, опубликованного в 1818 г. и имеющего двойную цель — *определить относительные расстояния скоплений звезд* (clusters) *и исследовать, до какой*

глубины проникает в пространство телескоп, когда он направлен на небесные объекты сомнительной природы.

Мы видим, что этот мемуар находится в очень тесной связи с исследованием Млечного Пути, так как было доказано, что звездные скопления образуют его составные части. Идя фотометрическим путем, указанным в предшествующем мемуаре 1817 г., Гершель рассматривает различную проницательную силу, которую надо использовать для разложения скоплений на звезды. Он особо рассматривает 47 скоплений, из которых 31 находятся в Млечном Пути, а 16 в других областях неба. Минимальное расстояние скопления равно 144 единицам (расстояний Сириуса), а максимальное — 980 единицам в одном и другом классе. Все скопления Млечного Пути поэтому находятся внутри видимых пределов Млечного Пути и составляют его часть. Расстояния звездных скоплений, которые наблюдаются вне Млечного Пути, почти те же, что и скоплений этого пути [61].

Мемуар 1818 г. оканчивается несколькими общими соображениями, и ниже довольно точно излагается их содержание:

«В глубине небесных областей мы узнали к настоящему времени два различных начала — начало небулярное и начало звездное. Свет небулярной материи сравнительно очень слаб и, за исключением нескольких случаев, невидим для невооруженного глаза [62]. В общем, он широко (widely) разлит на большом протяжении пространства, ускользая, таким образом, от зрения своей крайней слабостью. Напротив, свет звезд сравнительно очень ярок и сконцентрирован в одной точке». Соединение звезд образует скопления, которые, помещенные на достаточно большом расстоянии, должны иметь вид неразложимых туманностей. «Или, чрезвычайно вероятно, что некоторые из кометоподобных туманностей, несколько из планетарных туманностей и значительное число звездных туманностей суть замаскированные кучи звезд, настолько глубоко погруженные в пространство, что до сих

пор их не могла достичь зондирующая сила телескопа». Благодаря участию света большого числа звезд, собранных в узком поле, скопления звезд суть наиболее далекие объекты, которые нам показывают телескопы [63]. 75-я из туманностей «Connaissance des Temps» [33] есть скопление, расстояние которой = 734 единицам. Она недоступна невооруженному глазу, который увидел бы ее, если бы расстояние было сокращено до четверти или 184 единиц. 20-футовый телескоп ее еще показал бы, но как неразложенную туманность на расстоянии в 13707 единиц, а в 40-футовый телескоп она была бы видна на расстоянии, в 35 175 раз большем расстояния Сириуса.

Каким счастливым смертным был Гершель, чтобы обладать в возрасте 80 лет такой глубиной разума и ясностью суждения, которые позволили ему составить два своих последних мемуара, наполненные тонким и глубоким умозрением!

12. Прогресс звездной астрономии от Гершеля до современной эпохи

В предшествующем анализе работ Гершеля, относящихся к Млечному Пути, было неизбежно частично коснуться также и исследований, которые он сделал в других разделах звездной астрономии. Бросим поэтому общий взгляд на историю прогресса, сделанного звездной наукой после кончины этого астронома и вплоть до настоящей эпохи, следуя шести разделам, указанным на стр. 30—31.

1. Общеприняты были идеи Гершеля о непрозрачном теле Солнца, окруженном светящейся оболочкой, составленной из нескольких слоев, которые были выведены из наблюдаемых явлений посредством геометрических соображений [64]. Но оставим Солнце в стороне, как принадлежащее к особой системе, центральным телом которой оно является. Что касается переменных звезд, то они были предметом заботливого изучения нескольких астрономов, особенно Вестфаля

Ольберса, сэра Дж. Гершеля и г-на Аргеландера.[60] Этот ученый астроном дал нам, кроме того, свой прекрасный небесный атлас, сопровождаемый каталогом [65]. В этой превосходной работе все звезды, видимые в Бонне невооруженным глазом, были впервые приведены с точным указанием видимой величины, данной согласно повторному и сравнительному исследованию неба. Эта работа и четыре каталога Гершеля о сравнительном блеске звезд послужат основой для будущих исследований о вековой периодичности в видимом блеске звезд.[61]

2. Что касается до параллакса неподвижных звезд, усилия Гершеля были безрезультатны. Дело в том, что в эту эпоху микрометры были еще слишком несовершенны для точных наблюдений, которых требует это деликатное исследование. Но, наконец, усилия астрономов были увенчаны реальным успехом. Астрономия наших дней прославилась тем, что стала эпохой, когда масштаб расстояний звездного мира был познан, по крайней мере в нескольких особых случаях. Мы вернемся к этому предмету во второй части этого доклада [66].

3. Видимое собственное движение неподвижной звезды есть результат действительного движения звезды и параллактического движения, которое производится перемещением Солнца в пространстве, если оно существует. Наука должна была открыть это перемещение, эффект которого на каждую звезду скрыт действительным движением этой последней. Это разделение столь затруднительно, что Бессель в своих знаменитых «Fundamenta» [67], которые дали первые точные сведения о видимых движениях большого числа звезд, не счел для себя возможным согласиться с мнением, высказанным сэром В. Гершелем о перемещении солнечной системы в направлении созвездия Геркулеса, — мнением, которое было основано лишь на сравнительно небольшом числе данных. И было уделом г-на Аргеландера поставить вне сомнений реальность движения Солнца и определить его

направление с помощью прекрасного ряда наблюдений над положениями большого числа звезд, сделанных в Або, которые он сравнил с положениями, найденными Брадлеем для эпохи 1755 г. Академия, после опубликования в своих мемуарах работы г-на Аргеландера о собственном движении Солнца, считала себя обязанной, признав ее высокие достоинства, присудить ему в 1836 г. премию Демидова. Затем второй шаг был сделан в этом направлении г-ном О. Струве, который, воспользовавшись положением большого числа звезд, определенными к 1825 г. в Дерпте, преуспел в оценке угловой скорости солнечного движения, рассматриваемого со среднего расстояния звезд первой величины, а также подтвердил направление этого движения, данное г-ном Аргеландером [[68]].

Великий Бессель, которого с тех пор лишилась наука, пытался дать новое направление исследованию собственных движений звезд. Перемещение звезды в пространстве должно отклоняться от прямой линии вследствие притяжения, которое оказывают другие небесные тела на движущуюся звезду.

Этот тезис неоспорим с тех пор, как наука признала, что тяготение существует вне пределов солнечной системы: это проявляется, по Гершелю, в концентрации звезд в скопления, и наиболее отчетливо — в орбитах двойных звезд. До этого все собственные движения звезд рассматривались как происходящие по прямой линии, и предполагали, что отклонения, вызванные притяжением, слишком малы, чтобы стать ощутимыми за краткий срок в 75 лет, протекших после Брадлея до эпохи наблюдений в Або; или, что периоды движущихся звезд были чрезвычайно большой продолжительности. Бессель считал себя в силах доказать, что у двух звезд, собственное движение которых было обнаружено, у Сириуса и у Проциона, прямолинейного движения не существует и что, следовательно, эффект притяжения здесь уже проявился. В результате точного анализа он узнал, что причину этого притяжения можно искать лишь в теле

большой массы и достаточно близком к звезде. Или, так как такое тело совершенно не было заметно, он был вынужден допустить для каждой из двух звезд большое непрозрачное тело, вокруг которого звезда описывает свою орбиту. Заключение было сделано со всей строгостью. Здесь необъятная перспектива, которая открылась перед наукой. Но я сознаюсь, что мне кажется возможным подвергнуть сомнению факт неравномерного движения, удостоверенного наблюдением, и приписать видимое отклонение несовершенству наблюдения [[69]]. Во всяком случае этот предмет заслуживает самого серьезного внимания и побуждает нас наивозможно увеличить точность наблюдений, которые определяют видимые положения звезд.[62]

Г-н Мэдлер из Дерпта рассмотрел затем собственные движения звезд с противоположной точки зрения. Он считает, что Плеяды образуют центральную группу системы Млечного Пути и что ярчайшая звезда этой группы — Альциона — может рассматриваться как центральное солнце Млечного Пути; вокруг нее все звезды движутся с тождественной средней угловой скоростью, каково бы ни было их линейное расстояние от центрального тела и наклонность их орбиты. Аналогичная гипотеза была высказана сэром Дж. Гершелем в 1833 г.[63] как обеспечивающая устойчивость шаровой кучи, в которой собрано очень большое число звезд равной величины и равномерно распределенных в пространстве. Признавая смелость приложения этой гипотезы ко всей системе Млечного Пути, я считаю, что она слишком рискованна для современного состояния науки и что она может быть подвергнута очень серьезным возражениям как теоретическим, так и со стороны небесных явлений [[70]].

4. В части звездной астрономии, которая рассматривает двойные и кратные звезды, после взлета, достигнутого Гершелем, были сделаны наиболее блестящие успехи. Материалы колоссально увеличились [[71]], теория дошла до определения элементов орбит значительного числа двойных систем и их

периодов обращений; она узнала, что все эти движения совершаются по кеплеровым законам или что законы тяготения, установленные в солнечной системе, суть общие законы видимой вселенной. Благодаря могучим инструментальным средствам две русские обсерватории, а именно Дерптская и Пулковская, могут похвастаться тем, что они наиболее эффективно содействовали этому прогрессу. Сэр Джон Гершель во время своего пребывания в Капе распространил исследование двойных звезд вплоть до антарктических небесных областей. Наконец почти все обсерватории мира, как общественные, так и частные, которые обладают телескопами выдающейся силы, посвятили сегодня часть своей деятельности дальнейшему исследованию явлений, которые нам представляют сложные звездные системы.[64]

5. Изучение небулярного неба является, кажется, исключительным владением Гершелей. Обширные работы отца были, по большей части, повторены сэром Джоном Гершелем, который опубликовал в 1833 г. свой новый каталог, содержащий положения и тщательные описания 2308 скоплений и туманностей, из которых 1800 почти тождественны с туманностями сэра В. Гершеля, а 500 — новые.

Благодаря этой большой работе, выполненной в бессонные ночи восьми последовательных лет, число туманностей, наблюдаемых в Европе, поднялось приблизительно до 3000. Знание туманностей в части небесного свода, которая невидима в Европе, долго оставалось несовершенным. Число 42 скоплений и туманностей, узнанных слабыми трубами Лакайля, увеличилось лишь в 1827 г. благодаря опубликованию Дунлопом каталога 629 туманностей и скоплений, наблюденных в Параматте в Новой Голландии [72] с помощью ньютоновского телескопа с отверстием в 9 дюймов. Именно благодаря этой работе мы получили первые точные указания о двух так называемых «Магеллановых» облаках. Малое облако, по Дунлопу, вероятно, есть прекрасный образчик туманности, которая составляет отдаленную часть

Млечного Пути [73]. Большое облако, говорит он, напоминает по блеску часть Млечного Пути, видимую в Щите Собесского. Эти указания подтверждают мнение Лакайля, который рассматривает два облака как отделенные части Млечного Пути.

Превосходное резюме явлений скоплений и туманностей неба дано в астрономии сэра Дж. Гершеля, вышедшей в 1833 г., в эпоху, когда он закончил свой каталог. Мы надеемся, что этот знаменитый астроном вскоре подробно изложит нам свои взгляды на эту часть звездной астрономии, так как он к этому специально призван как единственный среди астрономов, который исследовал весь небесный свод. Всем известно, что сэр Дж. Гершель в течение 4 лет пребывал на Капе, чтобы дополнить работы, которые обессмертили имя Гершелей, распространив свои исследования на части неба, невидимые в Европе. Поэтому астрономы с живейшим нетерпением ожидают опубликования капских работ, что было объявлено этим ученым после его возвращения в 1838 г.

6. Что касается до объяснения Млечного Пути, после кончины сэра В. Гершеля наука оставалась почти в стационарном состоянии. Но можно спросить, почему астрономы, в общем, придерживаются прежней системы Млечного Пути, изложенной в 1785 г., хотя, как было нами показано, она была полностью оставлена самим автором. Я думаю, что объяснение этого нужно искать в двух обстоятельствах. Это была целостная система, импонирующая смелостью и геометрической точностью своего построения и от которой автор полностью никогда не отказывался. В его трактатах, опубликованных после 1802 г., встречаются лишь отдельные взгляды, но которых достаточно, если сравнить их друг с другом, чтобы понять окончательные мысли великого астронома. Для реального успеха в объяснении Млечного Пути полные материалы совершенно необходимы. Поэтому мы должны поздравить себя с бесценным расширением

наших знаний, которое произошло в результате работ сэра Джона Гершеля, приложившего метод черпков к антарктическим небесным областям, где он произвел подсчет 70 000 звезд в 2300 полях своего телескопа[65].

ИССЛЕДОВАНИЯ МЛЕЧНОГО ПУТИ, ДАННЫЕ ВО ВВЕДЕНИИ К КЕНИГСБЕРГСКОМУ КАТАЛОГУ [74]

В описании центральной обсерватории [75] на стр. 268—271 я имел случай высказать несколько идей об устройстве Млечного Пути; я вывел их из распределения звезд до седьмой величины, полученного в сделанном в Пулкове просмотре северного полушария. Чувствуя, однако, что использованные материалы были слишком неполны, так как они простираются лишь до звезд седьмой величины, и что они даже лишены требуемой однородности в указании видимых величин,[66] я, нимало не колеблясь, начал исследование вновь после завершения печатания каталога звезд, вычисленного г-ном Вейссе по зонам Бесселя и опубликованного нашей Академией. Во введении к этому каталогу, которое я составил, главный предмет исследования образует распределение звезд. Я дам теперь резюме результатов, которые я получил; но замечу, что это никоим образом не будет простым повторением того, что я говорил во введении к каталогу, но, в большей части, дальнейшей дискуссией, к которой я почувствовал себя побужденным в особенности новым изучением мемуаров сэра В. Гершеля, сделанным после и результаты которого были изложены в исторической части этого доклада. Действительно, я убежден, что мои современные идеи о Млечном Пути находятся в противоречии лишь с системой Гершеля 1785 г., но чрезвычайно согласны с последующими взглядами этого великого астронома.

Современная астрономия располагает двумя большими работами, относящимися к определению большого числа неподвижных звезд, видимых в Европе, которые были выпол-

нены Лаландом в Париже с 1789 по 1800 г. и Бесселем и г-ном Аргеландером в Кенигсберге и Бонне с 1821 по 1844 г. В этих работах небо было разделено на зоны в 2° ширины по склонению. Положения тождественных звезд в этих двух работах, эпохи которых отстоят от 20 до 60 лет друг от друга, несомненно, доставят нам новые драгоценные материалы о собственных движениях звезд. Но для этого сравнения необходимы упорядоченные каталоги. Британская ассоциация выполнила полную обработку «Небесной истории» Лаланда, и на последнем годичном собрании этого общества было объявлено об окончании издания этого каталога. Директор Краковской обсерватории г-н Вейссе был занят такой же обработкой той части Бесселевых зон, которая идет от —15 до +15° склонения. Издание этого каталога[67] поэтому является значительной услугой, оказанной науке нашей Академией.[68] Надо пожелать, чтобы остаток зон был равным образом и возможно скорее закончен в форме упорядоченного каталога.

Каталог г-на Вейссе содержит положения 31 895 звезд, приведенных к эпохе 1825.0. Большинство звезд были наблюдены, согласно плану работы, один единственный раз. Однако там находятся 4776 звезд, повторно наблюденных дважды или более раз. 807 звезд находятся вне точных границ —15°0′ и +15°0′. Отбрасывая их так же, как и три звезды десятой величины, мы имеем 31 085 различных звезд означенной Зоны* в 30° ширины по склонению. По классам видимой величины вся совокупность делится на[69]

664	блестящих звезды, или звезд от 1 до 6 величины		
2 500	звёзд	7-й	величины
8 183	»	8-й	»
19 738	»	9-й	»

Эти цифры, однако, никоим образом не представляют числа всех звезд, находящихся в Зоне, которое по природе наблю-

* Чтобы избегнуть двусмысленности, я пишу зону с прописной буквы, чтобы обозначить часть неба, содержащуюся между —15° и +15° склонения.

дений должно быть гораздо большим. Сравнивая, например, наш каталог с «Уранометрией», мы находим, что из 1014 видимых звезд г-на Аргеландера каталог содержит 825, или 81%. Если бы это соотношение имело общий характер для всех классов блеска и для полной протяженности каталога, тогда, чтобы найти число существующих звезд, нужно было бы лишь разделить числа звезд каталога на $P=0.8136$. Этот процесс дает 39 146 звезд от 1 до 9 величины, существующих в Зоне. Но это число должно быть весьма неточным, так как вероятность пропустить звезду при ее прохождении через освещенное поле трубы при движении в пределах зоны в 2° шириной увеличивается для более слабых звезд, либо в областях, наиболее богатых звездами. Поэтому следовало бы сравнить наш каталог с другим каталогом, который представляет большее число звезд за пределами шестой величины, или телескопических. Знаменитый каталог Пиацци содержит 7646 звезд, из которых 2502 принадлежат к нашей Зоне. Звезды 9-й величины, однако, у Пиацци редки. Отбрасывая их и принимая во внимание различие в оценке блеска, по Пиацци и Бесселю,[70] мы находим, что

Для величин оценки Бесселя

	от 1-й до 6-й	7-й	8-й	от 1-й до 8-й
Каталог Пиацци содержит	806	627	907	2339 звезд
Из которых в нашем каталоге . . .	660	533	727	1920 »

Принимая два последние числа, мы получили среднюю полноту каталога $P=0.8209$ для звезд от 1-й до 8-й величины, которая лишь очень мало отклоняется от той, которую нам дало сравнение каталога с «Уранометрией», а именно $P=0.8136$ для звезд от 1-й до 6-й величины. Но полнота P нашего каталога еще значительно меняется по часам прямого восхождения, будучи наибольшей в часах, бедных звездами, и наименьшей в часах, наиболее богатых. Мы находим, например, что в XII часу прямого восхождения есть 121 звезда Пиацци от 1-й до 8-й величины, из которых 111

есть в нашем каталоге, откуда следует $P = 0.9174$; тогда как XX час, который очень богат, дает 206 звезд Пиацци, из которых 144 есть в нашем каталоге, и $P = 0.6990$. Для VI часа, наиболее богатого из всех, мы имеем даже $P = 0.5687$. Поэтому в нашем каталоге 8% существующих звезд отсутствуют в XII часу, 30% в XX часу и 43% в VI часу. Мы, таким образом, вынуждены оставить среднюю полноту и прибегнуть к частной полноте, либо по различным часам прямого восхождения, либо по классам блеска, чтобы получить вероятное число существующих звезд отдельно в каждом часу и по разделам видимой величины во всей Зоне. Этим путем мы узнаем, что наша небесная Зона содержит 14 460 существующих звезд от 1-й до 8-й величины, из которых 11 347 были наблюдены Бесселем, и что средняя полнота нашего каталога для этих классов блеска

$$P = 0.7847$$

Эти числа распределяются следующим образом:

	Для величин			
	от 1-й до 6-й A	7-й B	8-й B	от 1-й до 8-й B[76]
Число существующих звезд	1014	2889	10 557	14 460
Число звезд каталога	825	2339	8 183	11 347
$P =$	0.8136	0.8096	0.7754	0.7847

Я обозначаю здесь через 7-й B остающиеся звезды, вычитая из числа звезд от 1-й до 7-й B число звезд от 1-й до 6-й A = числу звезд от 1-й до 6.65-й B.

Средняя полнота каталога, следовательно, немного уменьшается в последовательных классах блеска: 6-м, 7-м и 8-м. Надо полагать, что это уменьшение будет в следующем классе более быстрым.

Нам остается оценить число звезд девятой величины, существующих в нашей Зоне. Здесь каталог Пиацци более недостаточен, так как он представляет слишком малое число звезд сравнения, чтобы служить базой для точного резуль-

тата. К счастью, представляется другой путь исследования. В числе 31 085 звезд, наблюденных в нашей Зоне, есть 4614 звезд, которые были повторены, т. е. наблюдены два или несколько раз. Деля это число на два класса, мы видим, что

Между	11 347	зв.	вел.	от	1-й	до 8-й,	есть	2209	повт. зв.,	или	1 из 5
»	19 738	»	»	»		9-й	»	2405	»	»	» 1 из 8

Это различие объясняется тем обстоятельством, что звезды девятой величины проходили во время наблюдений в гораздо большем количестве, чем более яркие звезды. Прилагая анализ[71] к настоящему случаю и комбинируя известную полноту для звезд от 1-й до 8-й величины, с числом соответствующих повторных наблюдений звезд этих классов и звезд девятой величины, мы приходим к знанию полноты звезд девятой величины в различных часах прямого восхождения, а также вероятных чисел существующих звезд этой величины. Сумма чисел, найденных таким образом для часов, дает нам 37 739 существующих звезд девятой величины, из которых 19 738 были наблюдены Бесселем, или среднюю полноту $P = 0.5230$, гораздо меньшую для звезд девятой величины, чем та, которая соответствует другим, более ярким звездам: $P = 0.7847$.

Если теперь мы соединим все классы блеска, о которых здесь говорится, мы имеем:

31 085 звезд величины от 1-й до 9-й, наблюденных Бесселем,
52 199 » » » » » » существующих в зоне

и $P = 0.5955$ для средней общей полноты нашего каталога.

Из этих чисел мы извлекаем вывод, что каталог, который мы опубликовали, дает, в общем,

78% звезд величин от 1-й до 8-й
52 » » 9-й величины
60 » » величин от 1-й до 9-й

Но проценты изменяются еще по часам, и общая таблица полноты каталога, которую я вычислил, позволяет видеть, что есть абсолютный максимум в 91% во II часу для звезд от 1-й до 8-й величины и минимум в 39% в VI часу для звезд 9-й величины.

Я уже показал в 1827 г., что, разделяя видимый в Европе небесный свод кругами, параллельными экватору, в образованных, таким образом, зонах обнаруживается почти равномерное распределение звезд, если рассматривать одновременно все 24 часа; но что в каждой зоне обнаруживается изменение звездной плотности в последовательных часах прямого восхождения. Следующая таблица, резюмирующая численные результаты нашего современного исследования, послужит нам гидом в исследовании распределенияз везд в часах нашей Зоны в 30° ширины по склонению. (См. стр. 62. — *Ред.*).

Рассматривая последний столбец, который относится к совокупности звезд от 1-й до 9-й величины, мы видим, что числа возрастают от I часа к VI, а затем уменьшаются к XIII часу. Здесь начинается второе увеличение, которое достигает второго максимума в XVIII часу, откуда начинается второе уменьшение до 0-го часа; этот ход чисел побуждает нас разделить всю Зону на 6 областей, каждую из 4 часов, из которых две богаты звездами, и четыре бедных. Две богатых области охватывают часы от V до VIII и от XVII до XX.

Еще лучше можно узнать общий ход распределения звезд, сравнив для различных классов блеска число звезд для какого-нибудь часа со средним числом для всех 24 часов. Мы имели, например, всего 37 739 звезд девятой величины, что дает для каждого часа среднее число, равное 1572 звездам. Но в I часу существует 1084 звезды, а в VI часу их 3318. Эти два числа, разделенные на 1572, дают 0.689 и 2.110, числа, которые выражают плотности этих двух часов относительно средней плотности. Таблица этих плотностей была дана во введении к каталогу.

Числа существующих звезд по различным классам блеска в Зоне, заключенной между —15 и +15° склонения

Часы	от 1-й до 5.0-й А	6-й А	7-й В	8-й В	9-й В	от 1-й до 6-й А	от 1-й до 9-й В
I	10	19	106	297	1084	29	1516
II	14	26	86	340	1143	40	1609
III	16	29	85	340	1077	45	1547
IV	21	46	115	475	1489	67	2146
V	35	57	124	599	1927	92	2742
VI	18	46	192	848	3318	64	4422
VII	8	28	131	594	2814	36	3575
VIII	15	17	146	508	2168	32	2854
IX	16	24	104	369	1460	40	1973
X	10	16	109	382	1114	26	1631
XI	15	15	106	305	1356	30	1797
XII	8	23	74	300	1199	31	1604
XIII	11	25	100	323	1074	36	1533
XIV	14	21	100	368	1263	35	1766
XV	13	18	127	368	1370	31	1896
XVI	12	23	148	337	1141	35	1661
XVII	20	11	194	488	1398	31	2111
XVIII	15	23	199	803	2189	38	3229
XIX	14	41	167	621	1908	55	2751
XX	19	31	114	520	1882	50	2566
XXI	15	35	84	356	1262	50	1752
XXII	18	24	95	350	1165	42	1652
XXIII	16	29	95	308	1363	45	1811
0	9	25	88	358	1575	34	2055

Я представил эти плотности также графически на одном из рисунков, приложенных к работе, для 5 различных подразделений блеска, а именно для величин от 1-й до 5-й, 6-й, 7-й, 8-й и 9-й. Для каждого класса кривая линия показывает ход плотности, выраженной ординатой, причем абсциссы выражают часы прямого восхождения. Сходство кривых для величин 7-й, 8-й и 9-й во всех часах прямого восхождения поразительно; оно существует также для величин от 1-й до 6-й, но в немного измененном виде, особенно в последних часах прямого восхождения.

Чтобы получить более полное представление, надо было бы иметь масштаб относительных расстояний между нашим Солнцем и звездами различных классов величины. Мы увидим позднее, что в двух богатых областях нашей Зоны можно приблизительно допустить распределение звезд, пропорциональное объему пространства. Тогда, беря для единицы расстояний радиус $= a$ сферы, которая заключает все звезды, видимые, по Аргеландеру, невооруженным глазом, мы приходим к следующим радиусам сфер, поверхности которых отделяют звезды одного класса от звезд следующего, или к предельным расстояниям звезд каждого класса блеска:[72]

Видимая величина	5-й А	6-й А	7-й В	8-й В	9-й В
Радиус	$0.7126a$	a	$1.6113a$	$2.5560a$	$3.9350a$

Итак, объектом нашего исследования является сфера радиуса, немного меньшего четырехкратного предельного расстояния звезд, видимых невооруженным глазом, но взятая не полностью, а в части, помещающейся с двух сторон небесного экватора и заканчивающейся двумя коническими поверхностями, наклоненными на 15° к экватору, вершина которых помещена в Солнце. Принимая теперь во внимание, что мы не учитываем склонения в нашем исследовании распределения звезд, полученные цифры плотностей могут быть рассматриваемы как годные для экваториального диска неопределенной толщины, радиус которого равен таковому всей сферы.

Второй рисунок, приложенный к предисловию каталога, представляет этот экваториальный диск, причем интенсивность штриховки соответствует относительным плотностям. Солнце занимает центр фигуры. Внизу фигуры также обозначены радиусы кругов, которые ограничивают различные классы. Внешняя периферия диска находится, таким образом, на предельном расстоянии звезд 9-й величины. На рисунке выделяется круг, который заключает звезды, видимые невооруженным глазом. Именно внутри этого круга, благодаря естественному следствию малого удаления, мы видим большее число деталей в распределении звезд. Однако наиболее пригодными, чтобы судить об общих законах распределения, являются части диска, расположенные вне этой центральной области, так как именно здесь влияние случайных неправильностей наименее ощутимо.

Комбинируя теперь все материалы, объяснение которых я дал, приходим к следующим тезисам о распределении звезд в экваториальном диске.

1. Солнце, которое занимает центр диска, окружено со всех сторон звездами 9 классов блеска. Но обнаруживается поразительное неравенство в распределении звезд, которое состоит в постепенном сгущении к главной линии, которая является почти диаметром и расположена между точками 6^h40^m и 18^h40^m периферии. На эти два направления приходятся наибольшие плотности, как вообще, так и классов блеска 7-го, 8-го и 9-го.

2. Наименьшие плотности приходятся на диаметр, расположенный между точками 1^h30^m и 13^h30^m периферии. Этот диаметр образует угол в 78° с диаметром наибольших плотностей.

3. Мы не можем допустить никакого другого закона для сгущения кроме того, что, разделяя диск на полосы, параллельные главному диаметру, плотность этих последовательных полос уменьшается с обеих сторон с увеличением расстояния от этого диаметра. Если для звезд 9-й величины

мы сравним среднюю $= 1.751$ двух наибольших плотностей часов VI и XVIII со средней $= 0.686$ двух наименьших плотностей I и XIII часов, мы получим дробь $0.686 : 1.751 = 0.392$ для плотности полосы, которая удалена от главного диаметра на среднее расстояние звезд 9-й величины $= 3.415a$, предполагая, что плотность $= 1$ имеет место в окрестностях главного диаметра.

4. Регулярность, имеющая место в распределении звезд параллельно главному диаметру, наиболее отчетливо проявляется в факте, что середина диска всегда представляет почти то же число звезд, каково бы ни было положение диаметра, который производит разделение. Примем, например, что звезды величин от 1-й до 8-й суть те, численности которых являются наиболее точными; тогда мы получим следующие суммы чисел звезд в последовательных полудисках, начиная с того, который заключает звезды между 0^h и 11^h, и т. д.:

7342	7148	7118	7312
7267	7084	7193	7376
7294	7166	7166	7294
7331	7164	7129	7296
7387	7141	7073	7319
7250	7111	7210	7349

5. Рисунок показывает нам, что линия наибольших плотностей не проходит точно через Солнце, но идет на небольшом расстоянии, около $0.1a$ от этого светила, со стороны 0^h40^m. Проводя отсюда на фигуре хорду, параллельную диаметру между точками 6^h40^m и 18^h40^m периферии, и на этом расстоянии $= 0.1a$ от центра, получим, что средняя точка этой хорды будет центром тяжести круга, описанного из этой точки радиусом, равным радиусу диска, если принять во внимание различные плотности звезд. Поэтому, если итти от этого нового центра, Солнце помещается в направлении в 12^h40^m прямого восхождения. Эффект этой небольшой

эксцентричности Солнца сказывается также и в распределении звезд, видимых невооруженным глазом. Для них два максимума плотности уже не находятся на прямой линии, но один приходится на 5^h30^m, а другой на 20^h30^m, что показывает, что Солнце находится в направлении $\frac{1}{2}(5^h30^m + 20^h30^m) = 13^h0^m$, если итти от средней точки главного диаметра. Можно также приблизительно оценить, посредством угла 225°, заключенного между двумя направлениями максимумов, расстояние Солнца от главного диаметра, которое оказывается равным $0.19a$. Беря среднее из двух определений, имеем, что Солнце расположено в направлении 12^h50^m или к созвездию Девы на расстоянии $= 0.15a$, которое почти равно радиусу сферы, разделяющей звезды первой и второй величины.

6. Однако линия наибольшей плотности вовсе не является прямой; в ней есть несколько изгибов и около этой линии есть исключительные пустоты и сгущения. А именно, в созвездии Ориона мы видим замечательное богатство звезд, видимых невооруженным глазом, в то время как со стороны Змееносца звезды величин от 1-й до 6-й очень редки, как будто все они собраны в стороне Ориона. Такие небольшие местные аномалии имеются также и в других классах яркости; и кажется, что угол в 78°, заключенный между направлением наибольшей и наименьшей плотности, объясняется этими аномалиями, так как без них он был бы равен 90°.

Предыдущие тезисы представляют результат исследования, основанного единственно на зонах Бесселя и на «Уранометрии» г-на Аргеландера. Дело теперь за сравнением этого результата с явлением Млечного Пути.

Мы знаем, что Млечный Путь не является в точности большим кругом неба. Действительно, рассматривая всюду его средний путь, видим, что он приближается к параллельному кругу, отстоящему почти на 92° от своего северного полюса, расположенного на краю Волос Вероники и Псов

в 12^h38^m прямого восхождения и +31.5° склонения. С одной стороны, экватор пересекается двойной ветвью Млечного Пути, около хвоста Змеи, на 18^h36^m, под средним углом в 55°. Это — восходящий узел. Другое пересечение — нисходящий узел — имеет место на 6^h40^m, под углом в 60.°6. Между этими двумя узлами Млечный Путь описывает свою северную половину, которая поднимается до своего наибольшего среднего склонения в 53.°5 в созвездии Кассиопеи под 0^h40^m, в то время как южная половина, у нас в большей части невидимая, спускается вплоть до —63° среднего склонения под 12^h40^m в созвездии Креста. Отсюда ясно, что средняя трасса Млечного Пути никоим образом не соответствует точной плоскости, так как она имеет расстояние в 180° между своими точками пересечения с экватором и только 170°.5 в направлении круга склонения, перпендикулярного Млечному Пути.

В первом из наших тезисов, на стр. 64, было отмечено, что полоса наибольшей плотности экваториального диска простирается в направлении диаметра, расположенного между 6^h40^m и 18^h40^m прямого восхождения. Этот диаметр почти в точности совпадает с двумя средними направлениями Млечного Пути в экваторе, которые приходятся на 6^h40^m и 18^h40^m. Рассмотрение экваториального диска показало нам немного эксцентрическое положение Солнца по отношению к линии наибольшего сгущения по направлению к созвездию Девы. Это положение равным образом отмечено в Млечном Пути положением его северного полюса, проекция которого на экватор падает на 12^h38^m, учитывая, что среднее расстояние между этим полюсом и Млечным Путем больше 90°.

Итак, несомненно, что явление сгущения звезд к главной линии экваториального диска весьма тесно связано с природой Млечного Пути или, скорее, что это сгущение и вид Млечного Пути суть тождественные явления.

Можно было бы спросить, почему в нашем исследовании экваториального диска раздвоение Млечного Пути в окрест-

ности 18^h40^m не было замечено. Но это является естественным следствием того, что наше исследование диска никоим образом не было сделано во всех подробностях, а лишь в целых часах прямого восхождения, и что Млечный Путь и экватор пересекаются под углом в 60°. Это последнее обстоятельство объясняет также, почему относительное сгущение звезд в диске, которое мы установили, гораздо меньше того, которое мы получили бы, если бы могли исследовать диск, перпендикулярный Млечному Пути и разделенный подобным же образом [77].

Гершель в 1817 г. доказал, что Млечный Путь неисчерпаем даже для его 40-футового телескопа. Та же неточность относительно предела видимых звезд существует и во всех других направлениях небесного свода, а также и к полюсам Млечного Пути. Мы нигде не в состоянии различить последние звезды. Отсюда следует, что, *если мы рассматриваем все неподвижные звезды, которые окружают Солнце, как образующие большую систему Млечного Пути, мы совершенно ничего не знаем о его протяжении и что мы не имеем ни малейшего понятия о внешней форме этой огромной системы.*

Надо предположить, что уменьшение плотности экваториальных полос с увеличением расстояния от главной линии продолжается еще и за пределами нашего диска, оканчивающегося крайними звездами девятой величины. Черпки В. Гершеля, о которых была речь на стр. 33, предоставляют нам способ исследовать этот пункт.

Среди 683 черпков есть 266, которые попадают в нашу Зону, расположенную между —15 и +15° склонения. Посредством среднего из подсчетов в нескольких соседних полях, каждый черпок дает число звезд, видимых в поле 20-футовой трубы в указанном направлении (см. стр. 34). Изменения этого числа по различным часам прямого восхождения показаны в следующей таблице:

Таблица звездных плотностей по черпкам В. Гершеля для Зоны между -15 и $+15°$ склонения

Час	Среднее число звезд, видимых в поле	Относительная плотность	Число черпков
I	7.4	0.27	9
II	7.7	0.29	14
III	6.9	0.26	8
IV	21.6	0.80	6
V	49.3	1.82	16
VI	71.4	2.64	29
VII	67.8	2.51	8
VIII	32.4	1.20	4
IX	10.4	0.39	5
X	5.9	0.22	5
XI	4.9	0.18	4
XII	5.0	0.19	7
XIII	8.7	0.32	9
XIV	8.9	0.33	6
XV	9.7	0.36	8
XVI	15.8	0.59	9
XVII	37.1	1.37	6
XVIII	84.0	3.11	45
XIX	102.1	3.78	16
XX	40.1	1.49	16
XXI	20.5	0.76	14
XXII	12.8	0.47	11
XXIII	8.1	0.30	5
0	9.3	0.34	6

Беря среднее из 24 чисел второго столбца, мы имеем среднее число в 26.995 звезд для поля в 15′4″ в диаметре. Относительные плотности таблицы были вычислены сравнением чисел каждого часа с этой средней. Графическое представление этих плотностей было дано в каталоге.

Сравнивая таблицу и график с тем, что мы нашли выше для нашего экваториального диска, приходим к следующим заключениям:

а) По черпкам Гершеля наибольшие и наименьшие плотности падают почти в те же точки периферии, что и в экваториальном диске, ограниченном звездами девятой величины.

б) Но различие между крайними плотностями гораздо сильнее в черпках, чем в подсчетах нашей Зоны, по Бесселю. Беря среднее двух минимумов и максимумов для звезд величин от 1-й до 9-й на стр. 62, мы имеем отношение 1 : 2.51. А черпки дают между $\frac{7.4+4.9}{2}=6.15$ и $\frac{71.4+102.1}{2}=86.75$, отношение 1 : 14.1.

Отсюда следует, что на расстоянии последних звезд, видимых в телескоп Гершеля, рассматриваемая в направлении полюса Млечного Пути плотность звезд ниже одной пятой той, которая имеет место на крайнем расстоянии звезд девятой величины. Таково показываемое наблюдением постепенное уменьшение сгущения звезд в направлении, перпендикулярном главной плоскости Млечного Пути.

в) Абсолютный минимум сгущения со стороны XII часа прямого восхождения согласуется с положением Солнца в направлении к северному полюсу Млечного Пути и в небольшом расстоянии от главной плоскости, положение которой было указано исследованием звезд от 1-й до 9-й величины.

Поверхность всей Зоны, расположенной между —15 и +15° склонения, в 215 592 раза больше, чем таковая поля трубы в 15′14″ в диаметре. Т. е. надо умножить среднее число звезд, видимых в поле, равное 26.995, на это число 215 592, чтобы получить число в 5 819 000 звезд, видимых в этой

Зоне с помощью телескопа Гершеля. Эти 6 миллионов звезд распределяются следующим образом. 20-футовый телескоп Гершеля показал между —15 и +15° склонений в области:

Между	$1^h\ 0^m$	до	$5^h\ 0^m$	прямого	восхождения	391 700	звезд
»	$5^h\ 0^m$	»	$9^h\ 0^m$	»	»	1 984 200	»
»	$9^h\ 0^m$	»	$13^h\ 0^m$	»	»	235 400	»
»	$13^h\ 0^m$	»	$17^h\ 0^m$	»	»	387 000	»
»	$17^h\ 0^m$	»	$21^h\ 0^m$	»	»	2 365 100	»
»	$21^h\ 0^m$	»	$1^h\ 0^m$	»	»	455 600	»
От	$0^h\ 0^m$	до	$23^h\ 60^m$	прямого	восхождения	5 819 000	звезд

Однако эти числа — приближенные, так как распределение звезд неодинаково равномерно в различных областях и так как число черпков, которые попадают в каждую область, слишком ограничено.

Я окончил введение к каталогу г-на Вейсса исследованием относительных расстояний последовательных классов блеска и численных отношений между блеском звезд в этих подразделениях видимой величины, принимая во внимание поглощение, которое испытывает свет при своем прохождении через небесное пространство. Я избавлю себя здесь от упоминания подробных результатов этого исследования, так как оно является объектом нового рассмотрения, которое будет содержать следующая глава.

ПОЗДНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЛЕЧНОГО ПУТИ

Составление этого доклада представило мне случай возвратиться к изучению Млечного Пути. Это явление с первого взгляда настолько загадочно, что почти вызывает желание отказаться от удовлетворительного объяснения. Однако человек науки никогда не должен отступать ни перед темнотой явления, ни перед трудностью исследования. Пусть он овладеет предыдущими работами, пусть он старается увеличить знание явления новыми точными наблюдениями, и он может быть уверен в некотором успехе своих иссле-

дований, если он употребляет спокойное умозрение и не предается влияниям возбужденной и предвзятой фантазии. Как бы ни было мало продвижение, он всегда расширит его, возвращаясь к своей проблеме с той настойчивостью, которая является неизбежным условием ее изучения. Именно тогда, ведомый анализом и вычислением, он может достичь даже неожиданных результатов, которые, однако, обладают высокой степенью достоверности.

Скопления Млечного Пути являются для нас системой неопределенных протяженности и формы, но в ней, очевидно, есть известный закон сгущения по направлению к главной плоскости.

Дело идет о том, чтобы узнать этот закон. Действительно, ясно, что если этот закон был бы известен, мы были бы в состоянии определить число звезд, которое должно представляться в телескопе с данным полем в направлении, более или менее соседнем с главной плоскостью. Равным образом, узнав уменьшение числа видимых звезд с увеличением углового расстояния от большого круга главной плоскости, возможно отсюда вывести, если наши знания достаточно точны, искомый закон сгущения в зависимости от линейного расстояния от этой плоскости, выраженного в подходящей мере.

Этому исследованию существенно помогает то известное обстоятельство, что Солнце находится настолько близко от главной плоскости, что мы можем отвлечься от его расстояния от этой плоскости, в особенности, если комбинировать числа звезд, видимых в двух противоположных направлениях. Среднее из этих двух чисел будет тогда освобождено от эффекта этого расстояния, которое, если мы положим его $=\frac{1}{10}a$ (стр. 65), не превышает $\frac{1}{250}$ радиуса сферы, заключающей все звезды, видимые с помощью 20-футового гершелевского телескопа.

Подсчеты звезд нашей Зоны величин от 1-й до 9-й показывают нам, прежде всего, очень близкое тождество сумм

звезд, видимых в противоположных часах (см. стр. 62). Аналогичное равенство проявляется в часах, не противоположных, но соответствующих, или таких, которые находятся на равном расстоянии от часов максимума VI и XVIII. Чтобы доказать эти два важных пункта, возьмем 14 460 звезд от 1-й до 8-й величины нашей Зоны, и вот сравнение между часами, противоположными и соответствующими:

Противоположные часы	Число звезд от 1-й до 8-й вел.		Среднее
0 и XII	480	405	442
I » XIII	432	459	446
II » XIV	466	503	484
III » XV	470	526	498
IV » XVI	657	520	588
V » XVII	815	713	764
VI » XVIII	1104	1040	1072
VII » XIX	761	843	802
VIII » XX	686	684	685
IX » XXI	513	490	502
X » XXII	517	487	502
XI » XXIII	441	448	444

Соответствующие часы	Число звезд от 1-й до 8-й вел.				Среднее
0 и XII	480		405		442
I, XXIII и XI, XIII	432	448	441	459	445
II, XXII » X, XIV	466	487	517	503	493
III, XXI » IX, XV	470	490	513	526	500
IV, XX » VIII, XVI	657	684	686	520	637
V, XIX » VII, XVII	815	843	761	713	783
VI » XVIII	1104		1040		1072

Последние средние обнаруживают от максимума к максимуму ход поразительной правильности. В отдельных же числах часов, действительно, есть кое-где несколько аномалий; но они объясняются либо неточностью чисел, найденных с помощью исчисления вероятностей, либо местными аномалиями; наконец отчасти положением Солнца немного вне плоскости. Если мы разделим полное число на 2 части, расположенные с двух сторон диаметра 6^h30^m—18^h30^m, который близок к таковому наибольшего сгущения, мы имеем:

В 12 часах	от $6^h\ 30^m$ до $18^h\ 30^m$	7116 звезд
» »	» » $18^h\ 30^m$ » $6^h\ 30^m$	7344 »
	Разность	228 звезд

С одной стороны, этот избыток в 228 звезд согласуется с положением Солнца в направлении 13^h. Мы будем также в состоянии вывести новое, более точное, определение линейного расстояния Солнца от главной плоскости.

Подобное же согласие, хотя и немного менее совершенное, представляется и тогда, если мы рассмотрим сумму звезд от 1-й до 9-й величины, собранных в нашей Зоне; в самом деле, беря для краткости сумму для областей по 4 часамы имеем:

В 4 часах от	I до IV	6818	звезд от 1-й до 9-й вел.
» » » »	IX » XII	7005	» » » » » »
» » » »	XIII » XVI	6856	» » » » » »
» » » »	XXI » 0	7270	» » » » » »
Среднее		6987	звезд

Итак, эти четыре бедных области и те, которые соответствуют им, представляют неожиданное согласие. Что касается двух областей наибольшего сгущения, мы находим:

В 4 часах от	V до VIII	13 593	звезды от 1-й до 9-й вел
» » » »	XVII » XX	10 657	» » » » » »
Разность		2936	звезд

Эта разность довольно заметна, хотя частично она может быть результатом неточности чисел, найденных для звезд 9-й величины менее прямым способом. Если она реальна, эта разность показывает более сильное сгущение звезд со стороны 6^h, чем со стороны 18^h прямого восхождения. Рассматривая таким же способом числа, выведенные из черпков Гершеля, мы имеем по стр. 71 для двух богатых областей

В 4 часах от V до VIII 1 984 200 звезд, видимых у Гершеля
» » » » XVII » XX 2 365 100 » » » ;

откуда получается избыток в 380 900 звезд со стороны 18^h.

Затем мы находим для бедных областей

В 8 часах от IX до XVI 622 400 звезд, видимых у Гершеля
» » » » XXI » IV 847 300 » » » .

Эти числа дают избыток в 224 900 звезд со стороны 0^h по сравнению со стороной в 12^h.

Первый излишек склоняет нас допустить, что сгущение звезд не зависит единственно от расстояния от главной плоскости, но что оно, хотя и мало, изменяется и в направлении вдоль этой плоскости. Это обстоятельство весьма вероятно, хотя и подвержено некоторым сомнениям, так как точность больших чисел, которые мы вывели из Гершелевых черпков, соседних с Млечным Путем, может быть оспорена, если учесть малость небесного пространства, исследованного в этих черпках. Во всяком случае, мы будем употреблять средние значения чисел, найденных в противоположных и соответствующих направлениях.

Подвергая эти числа анализу, мы приходим к закону среднего сгущения, которое имеет место вдоль линии, перпендикулярной к главной плоскости, линии, которая проходит через место Солнца. Действительно, если мы будем действовать таким образом, мы не сделаем ничего другого, как употребим среднюю из двух соседних конечных разностей от равноотстоящих аргументов, чтобы найти значение производной для аргумента середины. Наконец, если в будущем

будет констатировано уменьшение сгущения, более быстрое к 12^h, чем к 0^h, как это с большой уверенностью показывают гершелевские числа, нашим исследованием мы найдем среднее двух уменьшений, которые имеют место с одной и с другой стороны от главной плоскости.

Чтобы упростить задачу, я отвлекусь сперва от раздвоения Млечного Пути, которое в наших широтах видно от созвездия Скорпиона до созвездия Лебедя, и буду рассматривать обе ветви как соединенные в одну единственную полосу, помещенную на средней трассе между двумя действительными полосами. Действительно, это раздвоение надо рассматривать как наибольшую из аномалий в устройстве Млечного Пути. Но прежде чем пытаться объяснить подробности, надо стараться познать явление Млечного Пути, в общем.[73]

Гершелевские черпки[74] делают возможным определить среднее число звезд, видимых в поле использованного телескопа, через каждые 15° углового расстояния, считая от середины Млечного Пути. Пусть φ будет это угловое расстояние от главной плоскости и z — среднее число звезд, представляемых телескопом; тогда мы имеем:[75]

Для φ	0°	$z =$	122.00	из	151	кратных	черпков
	15		30.30	»	56	»	»
	30		17.68	»	34	»	»
	45		10.36	»	48	»	»
	60		6.52	»	18	»	»

Черпки слишком малочисленны в окрестностях северного полюса Млечного Пути, чтобы дать с достаточной точностью два z, соответствующие двум $\varphi = 75°$ и $\varphi = 90°$. Однако я нашел для $\varphi = 75°$ приближенное значение $z = 4.68$, но оно кажется мне слишком недостоверным, чтобы употреблять его в вычислении.

5 значений z, которые я только что привел, представляются следующей формулой:[76]

$$z = \frac{6.5713 - 5.03 \cos 2\varphi - 1.39 \cos 4\varphi}{1 - 1.23088 \cos 2\varphi + 0.23212 \cos 4\varphi}. \qquad \text{(I)}$$

Я рассматриваю эту формулу как общее выражение числа звезд, представляемых телескопом, направленным к небесной точке, находящейся на угловом расстоянии φ от главной плоскости. Она дает для $\varphi = 75^\circ$ значение $z = 4.69$ и для $\varphi = 90^\circ$, или в направлении полюсов, $z = 4.15$.[77] Это последнее число, сравненное с $z = 122.00$ для $\varphi = 0$, показывает нам, что телескоп Гершеля, в общем, дал возможность увидеть в середине Млечного Пути в 29.4 или почти в 30 раз большее число звезд, чем в областях, соседних с полюсами Млечного Пути.

Выражение z приводит нас через интегрирование еще к оценке полного числа звезд, которые видимы на небе посредством гершелевского 20-футового телескопа. Оно дает [78]

10 187 017 звезд на полушарии
20 374 034 » » всей небесной сфере,

числа, которые больше не являются результатом смутной оценки, но полного анализа, основанного на данных, имеющихся в нашем распоряжении.

Теперь дело идет о том, чтобы найти выражение пространственной плотности звезд как функции линейного расстояния от главной плоскости. Согласие между суммами звезд, которые видны в направлениях, либо противоположных, либо соответствующих по отношению к главной плоскости, позволяет нам допустить, что пространство, разделенное плоскостями, параллельными главной плоскости, имеет в каждом дифференциальном слое, образованном таким образом, равномерное сгущение, но что последнее уменьшается с увеличением расстояния между слоем и главной плоскостью. Пусть, следовательно, радиус сферы, которая заключает все звезды, видимые в телескопе Гершеля, равен единице, и звездная плотность в главной плоскости также $=1$; мы находим для плотности ρ, соответствующей линейному расстоянию x от главной плоскости, выражение:[79]

$$\rho = \frac{1 + 395.90\,x^2 + 67607.7\,x^4 + 10134.5\,x^6 - 110063\,x^8}{(1 + 487.74\,x^2 + 1497.55\,x^4)^2}. \qquad \text{(II)}$$

По этой формуле можно вычислить ρ от $x=0$ до $x=\sin 60°=0.8660$. Ее никоим образом нельзя употреблять за этим пределом, так как формула основана на 5 значениях z от $\varphi=0$ до $\varphi=60°$.[80] Примем теперь среднее линейное расстояние между двумя соседними звездами, которые находятся в середине Млечного Пути, равным единице; тогда мы будем иметь для среднего расстояния двух соседних звезд d, которые соответствуют различным x, выражение $d=\frac{1}{\sqrt[3]{\rho}}$. Отсюда я вычислил следующую таблицу:

Расстояние от главной плоскости x	Звездная плотность ρ	Среднее расстояние между двумя соседними звездами d
0.00	1.00000	1.000
0.05	0.48568	1.272
0.1	0.33288	1.458
0.2	0.23895	1.611
0.3	0.17980	1.772
0.4	0.13021	1.973
0.5	0.08646	2.261
0.6	0.05510	2.628
0.7	0.03079	3.190
0.8	0.01414	4.136
0.8660	0.00532	5.729

Эта таблица показывает нам, что плотность параллельных слоев очень быстро уменьшается. Она уже ниже половины для $x=\frac{1}{20}$ и спускается к $\frac{1}{200}$ для $x=0.866$ — предела нашего исследования. На этом последнем расстоянии звезды расставлены настолько редко, что среднее расстояние между двумя соседними звездами почти в 6 раз больше, чем

в срединной плоскости Млечного Пути. Поэтому не является ли возможным, что со стороны полюса телескоп Гершеля почти коснулся крайнего предела системы? Чтобы решить этот вопрос, надо исследовать область полюса двумя телескопами, из которых один имел бы проникающую способность, почти равную таковой телескопа Гершеля, а другой — бóльшую проникающую способность. Если число звезд, видимых в два инструмента, одинаково, предел в этом направлении найден.[81]

Последовательное понижение плотности слоев проявляется, равным образом, как мы видели, и в подсчетах зон Бесселя. Постараемся, следовательно, притти к численному выражению плотностей по этим данным, независимым от гершелевских черпков. Основания этого нового исследования следующие. Мы ограничиваемся при этом звездами от 1-й до 8-й B, так как числа, найденные для звезд 9-й B, менее достоверны, чем другие. Посредством особой комбинации[82] я оценил для нашей экваториальной Зоны, которая идет от —15 до +15° склонения, число звезд, которое должно было бы быть на площади одного часа прямого восхождения, если бы вся эта площадь была так же заполнена звездами, как Млечный Путь, видимый невооруженным глазом. Вот полученные числа:

	Величины от 1-й до 7-й	Величины от 1-й до 8-й
$\varphi = 0$	279	1422 звезды.

Затем для других угловых расстояний от Млечного Пути я получил, что та же площадь в один час содержит, предполагая ее равномерно заполненной звездами:[83]

	Величины от 1-й до 7-й	Величины от 1-й до 8-й
Если $\varphi = 25°\ 14'$	177	637 звезд
» $\varphi = 37\ \ 5$	141.5	500 »
» $\varphi = 52\ \ 53$	131	468 »

Четыре числа двух групп представляются следующими формулами:[84]

Для звезд от 1-й до 7-й В $z=\frac{135.88-88.77\cos 2\varphi}{1-0.83116\cos 2\varphi}$, (III)

» » » 1-й » 8-й В $z=\frac{483.92-348.43\cos 2\varphi}{1-0.90474\cos 2\varphi}$. (IV)

Теперь мы можем искать выражения плотности последовательных слоев, которые нам дают эти две формулы, употребляя анализ, данный в примеч. 79. Пусть x' и x'' есть линейное расстояние слоя от главной плоскости, выраженное в долях радиуса каждой из двух сфер, которые заключают звезды от 1-й до 7-й и от 1-й до 8-й величин, и пусть еще плотность в главной плоскости равна единице. Мы находим

Для звезд от 1-й до 7-й В $\rho'=\frac{1+9.5630\,x'^2+37.105\,x'^4}{(1+9.8455\,x'^2)^2}$, (V)

» » » 1-й » 8-й В $\rho'=\frac{1+14.9039\,x''^2+97.697\,x''^4}{(1+18.995\,x''^2)^2}$. (VI)

Эти два выражения дают нам для линейного расстояния слоя от главной плоскости, которое равно радиусу сферы звезд от 1-й до 7-й величины, или для

$$x'=1,\quad \rho'=0.40525;$$

а для линейного расстояния слоя от главной плоскости, равного радиусу сферы звезд от 1-й до 8-й величины, или для

$$x''=1,\quad \rho''=0.28410.$$

Чтобы было возможно сравнить плотности, найденные таким образом, с теми, которые представило нам исследование черпков, надо, в первую очередь, сравнить радиусы сфер, поверхности которых разделяют звезды различных классов блеска, с радиусом сферы, которая заключает все звезды, видимые в телескоп Гершеля. Зная, что диаметр поля этого телескопа $=15'4''$, легко, сравнив его с площадью одного часа прямого восхождения между -15 и $+15^\circ$ склонения, вывести число звезд, которое представила бы

эта часть свода, если бы она была полностью заполнена звездами, сгущенными, как в середине Млечного Пути. Это число мы нашли =1095920.[85] Мы имеем, следовательно, на той же части небесного свода и для распределения звезд, пропорционального пространству со средней плотностью срединного слоя Млечного Пути:

1 095 920	звезд	величин	от	1-й до H, [78]
4 983	»	»	»	1-й до 9-й B,
1 422	»	»	»	1-й до 8-й B,
279	»	»	»	1-й до 7-й B.

Кубические корни из этих цифр выражают отношения между радиусами четырех сфер или

		Радиус сферы, который охватывает звезды	
Для звезд	H[78]	1.0000	9.1684
» »	9-й B	0.16567	1.5189
» »	8-й B	0.10907	1.0000
» »	7-й B	0.06338	0.5811

Таким образом, мы приходим к определению относительных радиусов сфер, которые нам нужны. Теперь мы можем отыскать, каковы плотности, которые нам дают черпки для двух расстояний от главной плоскости, которые равны радиусам сфер звезд 8-й B и 7-й B. Мы находим согласно формуле стр. 77,

Для $x=0.06338$ $\rho'=0.41365$,

» $x=0.10907$ $\rho''=0.31083$.

Если мы сравним эти две плотности с предыдущими значениями, которые нам дали подсчеты звезд от 1-й до 7-й B и от 1-й до 8-й B, мы находим:

Для расстояния $x=0.06338$, или для расстояния предела звезд 7-й величины

$\rho'=0.41365$ для черпков Гершеля

$\rho=0.40525$ » зон Бесселя

Разность 0.00840

Для расстояния $x=0.10907$, или расстояния предела звезд 8-й величины

$\rho''=0.31083$ для черпков Гершеля
$\rho''=0.28410$ » зон Бесселя

Разность 0.02673

Не следовало ожидать совершенного согласия соответствующих значений, как по причине местных аномалий распределения звезд, так и вследствие все еще несовершенных материалов, которые послужили основой этих исследований. Но согласие, которое имеет место, более чем удовлетворительное; оно даже превышает ожидание, и мы доказали приближенную точность либо общего выражения для ρ, либо значений плотности слоев, параллельных главной плоскости, которые мы вычислили на стр. 78. Кроме того, это дает нам право принять, что ход концентрации в слоях, соседних с главной плоскостью, существенно тот же для расстояния, равного таковому звезд 8-й величины, взятому вдоль плоскости, и для расстояния, в 9 раз большего последних гершелевских звезд.

Выше, на стр. 81, мы определили отношения между радиусами сфер, которые заключают звезды 7-й В, 8-й В, 9-й В и Н. Чтобы дополнить эту часть, надо оценить еще радиусы сфер, поверхности которых разделяют звезды величин от 1-й до 6-й А, либо между собой, либо от более далеких звезд.

Для определения радиуса звезд 6-й А мы знаем из таблицы на стр. 59, что наша экваториальная Зона в 30° ширины по склонению содержит 1014 звезд от 1-й до 6-й А, между тем как она заключает 14 460 звезд от 1-й до 8-й В. Если бы распределение звезд внутри пространства этой Зоны было бы равномерным, мы имели бы:

$$r:1=\sqrt[3]{1014}:\sqrt[3]{14460}, \text{ или } r=0.41237,$$

предполагая радиус $=1$ для сферы звезд 8-й В. Но в настоящее время этот радиус надо определить таким способом,

что он вырезает из полного пространства Зоны долю, масса или вес которой равна $\frac{1014}{14460}$ всей массы, если принять во внимание убывающие плотности в последовательных слоях. Этим путем[86] мы находим:

Радиус звезд 6-й A = 0.35712 радиуса звезд 8-й B.

Числа звезд нашей Зоны, видимых невооруженным глазом, недостаточно, чтобы из него вывести с точностью отношение радиусов, соответствующих шести классам видимой величины. Наиболее выгодно будет употреблять для этого исследования числа звезд, которые представляет вся небесная сфера. Так как каталоги южных околополярных звезд не являются ни полными, ни однородными с «Уранометрией» в том, что касается классификации, лучше употреблять только подсчеты г-на Аргеландера для северного полушария, отбрасывая южные звезды «Уранометрии». У последних достоверно, что их величины более или менее неточны по причине недостатка прозрачности ближе к горизонту.[87] Согласно «Уранометрии», северное полушарие представляет:

Величины звезд	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я A
Суммы	9	34	96	214	550	1439
	9	43	139	353	903	2342

Теперь нашей задачей будет определить радиусы 6 концентрических сфер,[88] массы которых, принимая во внимание плотности слоев, пропорциональны шести суммам 9, 43, ... 2342. Решение приводит к следующим значениям:

Величина	Радиус сферы	Вычисленная прогрессия
6 A	1.0000	1.0000
5 A	0.6998	0.7071
4 A	0.5001	0.5000
3 A	0.3602	0.3536
2 A	0.2413	0.2500
1 A	0.1424	0.1768

Из чисел второго столбца обнаруживается, что радиусы сфер, которые разделяют звезды различных классов, образуют почти точно геометрическую прогрессию с отношением $\frac{1}{\sqrt{2}}$. Действительно, мы имеем для этого сравнения числа последнего столбца, которые для классов от 6-й до 2-й представляют поразительное согласие с числами другого столбца. Единственно у звезд первой величины есть ощутимая разница; но она объясняется тем, что неопределенность предела этого класса производит более значительное влияние на малое число этих звезд. Одновременно есть соблазн рассматривать найденную прогрессию как закон природы и поместить предел звезд первой величины на расстояние 0.1768. Полусфера этого радиуса заключала бы 17.1 звезд; надо прибавить к 9 северным звездам первой величины, согласно Аргеландеру, 8 наиболее блестящих северных звезд среди тех, которые входят в классы 2.1 и 2 «Уранометрии», а именно α Лебедя, Кастора, η, ε, α Большой Медведицы, α Андромеды, γ Ориона и β Тельца или γ Льва.

Соединим теперь все расстояния, найденные опытным путем, беря за единицу радиус сферы звезд 6-й A или расстояние последних звезд, видимых невооруженным глазом.

Таблица расстояний или радиусов для пределов классов видимой величины

Класс	Радиус сферы	Класс	Радиус сферы
1 A	0.1424	6 B[89]	0.9260
2 A	0.2413	7 B	1.6271
3 A	0.3602	8 B	2.8001
4 A	0.5001	9 B	4.2531
5 A	0.6998	H	25.672[90]
6 A	1.0000		

Теперь я определю средние относительные расстояния звезд классов от 1-й до 6-й А, обозначая через среднее расстояние, например, звезды шестой величины, радиус сферы, поверхность которой делит звезды этого класса на две равные части,[91] т. е. радиус сферы, масса которой есть средняя арифметическая масс двух сфер звезд 5-й А и 6-й А, или $\frac{1}{2}(903+2342)=1622.5$. Кратко говоря, мы должны оценить относительные радиусы полушарий, которые заключают

4.5 26 91 246 628 1622.5 звезд,

всегда принимая во внимание найденный закон сгущения. Этим путем, сохраняя единицей расстояния радиус крайних звезд, 6-й А, мы находим

Величины	Средние расстояния	Величины	Средние расстояния
1 А	0.1127	4 А	0.4402
2 А	0.2032	5 А	0.6148
3 А	0.3115	6 А	0.8707

Теперь я изменю единицу. Принимая за новую единицу среднее расстояние звезд первой величины, мы приходим к следующим данным, приведенным в таблице (стр. 86).

Я не буду вычислять средние расстояния для трех классов 7-й В, 8-й В, 9-й В.

Предыдущая таблица заключает все то, что дало нам наше исследование по отношению к расстояниям звезд последовательных классов блеска; исследование, основанное только на наблюдении, без употребления какой-либо произвольной гипотезы.

Извлечем еще несколько следствий.

1. Последние звезды, видимые, по г-ну Аргеландеру, невооруженным глазом, находятся на расстоянии в 8.8726 единиц = среднему расстоянию звезд первой величины.

Таблица относительных расстояний

Класс видимых величин	Расстояние внутренней границы	Среднее расстояние	Расстояние крайнего предела
1 A		1.0000	1.2638
2 A	1.2638	1.8031	2.1408
3 A	2.1408	2.7639	3.1961
4 A	3.1961	3.9057	4.4374
5 A	4.4374	5.4545	6.2093
6 A	6.2093	7.7258	8.8726
6 B			8.2160
7 B	8.2160		14.4365
8 B	14.4365		24.8445
9 B	24.8445		37.7364
H			227.782

2. Последние звезды 9-й величины, которые наблюдал Бессель в своих зонах, находятся на расстоянии в 37.73 единицы, или удалены в 4.25 раза больше, чем последние звезды видимые невооруженным глазом.

3. Крайние звезды, которые размечал Гершель в своих осмотрах (sweeps) с помощью своего 20-футового телескопа, находятся на расстоянии в 227.8 единиц, или удалены в 25.67 раз больше, чем последние звезды, видимые невооруженным глазом.

Ламберт уже указывал, что отклонение видимого Млечного Пути от формы большого круга есть следствие бокового положения Солнца (см. стр. 22). Выше мы нашли, что Солнце должно быть расположено со стороны 13^h, но что его расстояние от главной плоскости может быть лишь небольшим. Этот последний пункт подтверждается неравенством сумм звезд от 1-й до 8-й B, которые находятся в двух половинах экваториальной зоны, образованных диаметром, проведенным между точками 6^h30^m и 18^h30^m прямого восхо-

ждения; это неравенство не поднимается более, чем до 228 звезд — разности 7116 и 7334 (см. стр. 73). Надо сознаться, что найденная разница подвержена некоторой неуверенности по причине немного неточных чисел, от которых она зависит. Тем не менее, за недостатком более точных данных, примем ее за точную, и мы выведем[92] из нее расстояние Солнца от главной плоскости $= 0.00843 = \frac{1}{119}$ радиуса звезд 8-й B, или $= 0.0236 = \frac{1}{42}$ радиуса звезд 6-й A, или, наконец, $= 0.21$ среднего значения звезды первой величины [[79]]. Это расстояние настолько мало, что оно полностью оправдывает то, что мы пренебрегли в нашем анализе расстоянием Солнца от главной плоскости и придерживаемся средних из противоположных подсчетов; этот прием удовлетворителен, если квадратами и т. д. расстояния можно пренебречь.

Но как теперь объяснить отклонение Млечного Пути от формы большого круга? Вот что я думаю. Наиболее сгущенный слой звезд никоим образом не образует совершенную плоскость, но скорее ломаную плоскость; или же он находится в двух плоскостях, наклоненных одна к другой приблизительно под 10°; их пересечение лежит почти в плоскости небесного экватора, причем Солнце находится на небольшом расстоянии от этой линии пересечения в направлении к точке 13^h экватора.

ОБ ОСЛАБЛЕНИИ СВЕТА НЕПОДВИЖНЫХ ЗВЕЗД ПРИ ЕГО ПРОХОЖДЕНИИ ЧЕРЕЗ НЕБЕСНОЕ ПРОСТРАНСТВО

Одним из лучших мемуаров покойного г-на Ольберса является тот, который он опубликовал в 1823 г., — о «Прозрачности небесного пространства».[93] Там мы встречаем ту крайнюю ясность идей и выражений, соединенную с наиболее простым, но точным анализом, которые отличают все произведения этого великого астронома. Ольберс, идя по стопам Канта, исходит из идеи бесконечного пространства,

содержащего бесконечное число сотворенных миров, солнц, каждое из которых, по аналогии с нашим Солнцем и другими неподвижными звездами, видимыми либо невооруженным глазом, либо с помощью телескопа, блестят своим собственным светом. Он доказывает, что эта идея приводит к виду неба, неизмеримо отличному от того, какое мы имеем, а именно к небу, сияющему во всех направлениях с блеском, подобным блеску Солнца. «Поздравим себя, — говорит он, — с тем, что природа устроила вещи иначе и что каждая точка небесного свода вовсе не посылает солнечный свет на Землю. Не рассматривая невыносимый блеск и непомерную жару, которая царила бы (так как творческое всемогущество могло бы оградить Землю и свои организованные существа от действия этой жары, даже если бы она была в 90 000 раз больше, чем та, которую мы ощущаем в настоящее время), я хочу упомянуть только, что астрономия, которая тогда была бы еще в распоряжении обитателей Земли, была бы несовершенна до последней степени. Мы ничего не знали бы о звездном небе, мы едва сумели бы открыть наше Солнце по его пятнам и едва отличили бы Луну и планеты, как более темные диски на ослепительном фоне неба. Надо ли потому оставить идею о бесконечности систем неподвижных звезд, потому что небесный свод вовсе не блестит блеском Солнца? Надо ли ограничить эти миры незначительной долей бесконечного пространства? — Никоим образом». Ольберс затем доказывает, что надо допустить лишь несколько неполную прозрачность небесного пространства, чтобы примирить действительный вид неба с идеей бесконечного звездного мира. Он доказывает, что для этой цели достаточно предположить, что свет, излучаемый звездой, теряет одну восьмисотую своей интенсивности при прохождении расстояния, равного расстоянию от Сириуса до Солнца.

В исторической части своего мемуара Ольберс упоминает об ошибке знаменитого Галлея,[94] который отрицал вывод, что бесконечное число светящихся звезд производит небо,

блестящее, как Солнце. Но я удивляюсь, что он обошел молчанием имя астронома Л. де Шезо из Лозанны. Потому что последний пришел[95] уже в 1744 г., или 79 годами ранее, к результату, в общем тождественному с результатом бременского астронома [[80]], считая весьма вероятным, что звездное пространство наполнено некоторой жидкостью (эфиром), способной, хотя бы незначительно, задерживать свет.

Два автора, Шезо и Ольберс, стояли перед той же дилеммой: или надо предположить конечную сферу неподвижных звезд, или допустить ослабление света при его прохождении через небесное пространство [[81]]. Но ни один, ни другой не мог указать ни на один положительный факт науки, который прямо доказывал бы это ослабление. Они рассматривали его лишь как умозрительно весьма вероятную гипотезу.

Теперь рассмотрим, не встречали ли мы в течение нашего исследования Млечного Пути, исследования, распространенного вплоть до наиболее отдаленных небесных областей, до которых может достичь телескоп, явление, которое находится в связи с ослаблением света.

Сэр В. Гершель определил проницательную способность, дальность проникновения телескопа, который служил ему в его черпках, и выразил ее числом 61.18 (см. стр. 47 и примеч. 59). Вспомним, что это число означает, что с помощью этого телескопа он мог бы увидеть звезды, в 61.18 раз более далекие, чем последние звезды, которые он мог заметить невооруженным зрением. Однако в этом числе есть кое-что неопределенное, так как оно предполагает отверстие зрачка точно = 0.2 английского дюйма. Добавим к этому, что сравнение телескопа с глазом также становится неточным в случае, когда глаз производит менее точное изображение на ретине, чем телескоп. Это имеет место для лиц, которые имеют слабое зрение, и, вероятно, также, в меньшей степени, и для индивидов, одаренных настолько острым

зрением, как Гершель, который видел значительную часть звезд 7-й величины. Поэтому сила невооруженного глаза невыгодна, чтобы служить единицей в измерении силы телескопа. Я устраняю это неудобство, заменяя глаз маленькой ахроматической трубкой с отверстием в 0.211 дюйма, увеличивающей в 3 раза. Этст гершелевский эталон вводит в глаз в точности такое количество света, которое проходит через отверстие зрачка шириной в 0.2 дюйма; но он дает точное изображение независимо от природы глаза, будь то близорукого, либо дальнозоркого.

Дальность проникновения телескопа Гершеля, следовательно, выражается через 61.18, если единица соответствует дальности маленькой эталонной трубки. Повторными опытами я нашел, что с этим эталоном я замечаю во всех направлениях почти вдвое большее количество звезд, чем то, которое изображено на картах г-на Аргеландера, или, более точно, что он показывает 183 звезды на части небесного свода, которая содержит 100 звезд «Уранометрии». Поэтому мы получим, приняв за единицу расстояние последних звезд 6-й А или радиус сферы, которая заключает все звезды, которые мой боннский друг видел невооруженным глазом, что визуальный радиус гершелевского эталона $= \sqrt[3]{1.83} = 1.2231$ или равен расстоянию в $1.2231 \cdot 8.8726 = 10.852$ средних расстояний звезд первой величины. Гершель определил прямыми фотометрическими опытами, что этот радиус равен двенадцатикратному расстоянию звезд первой величины (см. стр. 47). Здесь имеется замечательное согласие между двумя числами, полученными двумя совершенно независимыми путями. Наконец мы получаем дальность 20-футового телескопа $= 61.18\sqrt[3]{1.83} = 74.83$ расстояний звезд 6-й А или $74.83 \cdot 8.8726 = 663.94$ средних расстояний звезд первой величины.

Сравним теперь с этой дальностью телескопа $= 74.83$, определенной теоретическим путем, ту, которую нам ука-

зало исследование гершелевских черпков и подсчетов звезд, по Бесселю и г-ну Аргеландеру. Расстояние последних звезд Гершеля, сравненное с радиусом звезд 6-й А, было оценено $= 25.672$ (стр. 84). Мы видим, следовательно, что дальность телескопа Гершеля, определенная наблюдением неба, едва превышает одну треть дальности, которая соответствует его оптической силе. Как объяснить этот факт? Я не вижу никакого другого объяснения, как допустить, *что интенсивность света уменьшается в большей пропорции, чем в отношении обратных квадратов расстояний, что означает, что существует потеря света, ослабление при прохождении света через небесное пространство*[82].

Чтобы лучше судить о всей важности этой аргументации, вычислим количество звезд, которое должно было бы быть видно в поле 20-футового гершелевского телескопа в середине Млечного Пути, если бы он, действительно, достиг расстояния, в 74.83 большего расстояния последних звезд г-на Аргеландера. Это число есть $122.00 \left|\frac{74.83}{25.672}\right|^3 = 3021$. Но телескоп обнаруживал лишь двадцать пятую часть того, что он должен был бы показать по своей оптической силе. Можно сделать возражение, что количество в 122 звезды, видимых в середине Млечного Пути (стр. 76), может быть слишком мало. Но выберем даже наиболее богатый из всех 683 гершелевских черпков;[96] он нам даст 588 звезд, или не более одной пятой от 3021. Но скажут, что может быть есть уменьшение плотности в главной плоскости по направлению к границам Млечного Пути. Но чтó мы знаем об этих границах? Млечный Путь для нас абсолютно неисчерпаем. Следовательно, какова вероятность, что Солнце находится вблизи центра диска, протяжение которого нам совершенно не известно [83]. Вспомним, наконец, что рассмотрение гершелевских звезд привело к тому же среднему закону понижения плотности в направлении, перпендикулярном к главной

плоскости, который имеет место в соседстве с Солнцем вплоть до расстояний звезд 8-й и 9-й величины. По всем этим соображениям я осмеливаюсь сказать, что мы открыли факт, в котором почти несомненно проявилось поглощение света звезд.

Нам остается определить с помощью наших данных численное значение поглощения. Удерживая за единицу радиус звезд 6-й величины, предположим, что свет в своем прохождении через эту единицу расстояния уменьшается от единичной интенсивности до интенсивности, выраженной дробью λ. Мы получим уравнение[97]

$$74.83^2 \cdot \lambda^{25.672} = 25.672^2,$$

которое дает $\lambda = 0.92003$ и потерю $\mu = 1 - \lambda = 0.07997$ или 8% интенсивности.

Таблица на стр. 85 дает радиус звезд 6-й А равным 8.8726 средних расстояний звезд первой величины. Обозначим, следовательно, через λ' и μ' коэффициенты поглощения для этого последнего расстояния, и мы будем иметь

$$\lambda' = \sqrt[8.8726]{0.92003} = 0.990651 \text{ и}$$

$$\mu' = 0.009349,$$

т. е. свет в своем прохождении расстояния, равного таковому звезды первой величины, подвержен ослаблению почти в одну сотую, или что он теряет $\frac{1}{107}$ своей интенсивности.[98]

Отныне видимый блеск $= \xi$ звезды есть функция ее расстояния и поглощения. Не рассматривая последнее, мы имеем $\xi = \frac{1}{x^2}$; эта формула должна быть замещена формулой

$$\xi = \frac{1}{x^2} 0.990651^{x-1},$$

которая указывает, что блеск звезд уменьшается в большей пропорции, чем в отношении обратных квадратов расстояний.

Чтобы получить возможность бросить общий взгляд, я вычислил следующую таблицу:

Расстояние x	Коэффициент поглощения λ	Относительный блеск: без учета поглощения (ξ)	Относительный блеск: с учетом поглощения ξ	Число звезд, которые производят тот же блеск	
1.0000	0.99065	1.0000	1.0000	1.00	Ср. расст. зв. 1-й А
1.2638	0.99821	0.6261	0.6246	1.60	Радиус » » »
1.8031	0.98300	0.3076	0.3053	3.28	Ср. расст. зв. 2-й А
2.1408	0.98009	0.2182	0.2159	4.63	Радиус » » »
2.7639	0.97437	0.1309	0.1287	7.77	Ср. расст. зв. 3-й А
3.1961	0.97043	0.0979	0.0959	10.43	Радиус » » »
3.9057	0.96398	0.0656	0.0638	15.68	Ср. расст. зв. 4-й А
4.4374	0.95918	0.0508	0.0492	20.34	Радиус » » »
5.4545	0.95006	0.0336	0.0322	31.02	Ср. расст. зв. 5-й А
6.2093	0.94334	0.0259	0.0247	40.49	Радиус » » »
7.7258	0.93000	0.0168	0.0157	63.58	Ср. расст. зв. 6-й А
8.8726	0.92003	0.01270	0.01180	84.76	Радиус » » »
14.4365	0.87319	0.00480	0.00423	236.44	Радиус 7-й В
24.8445	0.79186	0.00162	0.00129	772.20	» » 8-й В
37.7364	0.70154	0.000702	0.000497	2010.9	» » 9-й В
227.782	0.11770	0.00001928	0.00000229	436696.0	Радиус Н

Из второй колонки виден эффект поглощения. Он равен всего лишь 0.01 для расстояния звезд первой величины; он возрастает до 8% для радиуса звезд 6-й А, до 30% для расстояния звезд 9-й В и до 88% для радиуса Н гершелевских звезд. Это уменьшение продолжается дальше чрезвычайно быстрым шагом. Действительно, мы имеем:

$\lambda = 0.01$	или ослабление	в 0.99	для расстояния		$x =$	490.26
$\lambda = 0.001$	» »	» 0.999	»	»	$x =$	735.40
$\lambda = 0.0001$	» »	» 0.9999	»	»	$x =$	980.63
$\lambda = 0.00001$	» »	» 0.99999	»	»	$x =$	1490.80

Ослабление блеска звезд и ограничение досягаемости телескопов являются прямыми следствиями ослабления. Мы видим, например, из сравнения чисел 3-й и 4-й колонок таблицы, что уменьшение видимого блеска вследствие поглощения

Для последних звезд	6-й величины	равно	7%
» » »	9-й »	»	29 »
» » »	Н »	»	88 »

Ограничение досягаемости телескопов выражается в следующих числах:

Телескоп Гершеля	Проницаемость по Гершелю (p)	Исправленная теоретическая проницаемость p	Проницаемость, вычисленная с учетом ослабления p'
В 7 футов	243	219.8	123.2
В 10 футов	344	311.1	152.2
Первый 20-футовый . .	468	423.2	183.2
Второй 20-футовый, при боковом зрении . . .	734	663.8	227.8
Второй 20-футовый, при прямом зрении . . .	900	813.9	250.7
В 25 футов	1150	1040.2	279.6
В 40 футов	2300	2080.3	368.5

Очевидно, что границы небес, видимые с помощью самых могущественных телескопов, значительно сужены вследствие поглощения. Потому что, если наше определение достаточно точно, 40-футовый телескоп перестает показывать нам звезды, расположенные дальше 368 расстояний звезд первой величины; между тем как без поглощения этот пре-

дел будет на расстоянии в 2080 единиц. Отсюда мы делаем важное заключение, что увеличение оптической силы или диаметра телескопа лишь слабо продвинет границу видения. Приняв, например, телескоп с фронтальным зрением с зеркалом в 6 футов диаметром, как у колоссального телескопа лорда Росса, мы найдем его дальность $p' = 422$, всего на $\frac{1}{6}$ бо́льшую, чем дальность большого телескопа Гершеля. Она будет $p = 3120$ или $(p) = 3450$, если поглощения не существует. Преимущества, которыми обладают большие телескопы, конечно, состоят также в расширении границ видения, но, главным образом, в создании изображения большей интенсивности, которое допускает использование более сильных увеличений. Они дают нам больше подробностей и нюансов, чем телескопы меньшего размера.

Нам надо сделать еще одно заключение. Гершель в двух своих мемуарах 1817 и 1818 гг. оценил с помощью дальности телескопов расстояния между некоторыми скоплениями звезд и туманностями — и Солнцем, выражая их в единицах расстояний звезд первой величины. Все эти расстояния слишком велики, если допустить поглощение и его найденную величину. Мы указывали на стр. 50, что он помещает звездное скопление № 75, по Мессье, на расстояние $= 734$. Оно сокращается до 228. Гершель говорит, что 20-футовый телескоп еще покажет это скопление, но в форме неразложимой туманности, если она будет находиться на расстоянии в 13 707 единиц; телескоп в 40 футов даст то же на расстоянии в 35 175 единиц. Эти числа теперь должны быть заменены на 633 и 787, или одной двадцатой и одной сороковой значений, данных Гершелем. Я представлю в примечании таблицу всех расстояний (p), которые находятся в двух мемуарах Гершеля 1817 и 1818 гг., и их значения p', соответствующие нашему исследованию.[99]

Мы узнали, что вдоль главной плоскости распределение звезд почти равномерно и пропорционально пространству

Рассмотрим теперь, в какой пропорции звезды различных классов способствуют видимому блеску Млечного Пути. Мы предположим в этом исследовании бесконечную протяженность Млечного Пути в направлении главной плоскости. Потому что, если она, в действительности, не такова, разница в блеске делается почти неощутимой, так как наиболее удаленные звезды чрезвычайно мало способствуют видимому блеску по причине поглощения света. Вот числа, данные вычислением.[100]

Звезды класса	Доля света в середине Млечного Пути	Звезды класса	Доля света в середине Млечного Пути
От 1-й до 6-й А	0.07993	От 1-й до 6-й А	0.07993
» 1-й » 7-й В	0.12683	7-й В	0.04690
» 1-й » 8-й В	0.20814	8-й В	0.08131
» 1-й » 9-й В	0.29845	9-й В	0.09031
» 1-й » Н	0.88230	от 9-й до Н	0.58385
» 1-й » ∞	1.00000	» Н » ∞	0.11770
		Сумма	1.00000

Из этой таблицы мы извлекаем следующие следствия.

1. Допуская поглощение, блеск безграничного Млечного Пути более не бесконечен. Он сокращается до блеска, в 3.3 раза большего, чем блеск, который производят звезды величин от 1-й до 9-й В, расположенные в этом направлении, или до блеска, в 12.5 раз большего, чем блеск, принадлежащий звездам, видимым невооруженным глазом.

2. Звезды, расположенные вне досягаемости гершелевского 20-футового телескопа, вносят лишь 12% от полного блеска Млечного Пути.

3. Вычитая долю звезд, видимых невооруженным глазом, мы получаем число 0.92007, которое выражает блеск фона неба для середины Млечного Пути.

Мы можем сравнить с блеском Млечного Пути тот, который представляет небесный свод в направлении полюсов этого слоя.

Сохраняя за единицу блеск середины Млечного Пути, мы имеем:

Звезды классов	Блеск небесного свода в направлении полюса
От 1-й до 6-й A	0.06535
» 1-й » 9-й B	0.14468
» 1-й » H	0.21705

Из этих чисел, сравнив их между собой или с предыдущими числами, мы можем получить следующие дополнительные соображения.

4. Полный блеск неба в направлении полюсов равен лишь 0.22 того, что имеет место в центральной части Млечного Пути. Здесь мы пренебрегали звездами, расположенными вне досягаемости гершелевского телескопа в направлении полюса; ведь мы знаем, что число звезд там чрезвычайно мало и их влияние на блеск совершенно нечувствительно.

5. Отношение между долями блеска, произведенными звездами различных классов в двух направлениях — Млечного Пути и полюса, — существенно различно, так как мы имеем:

Для звезд	от 1-й до 6-й A	отношение	1.100 : 0.818
» »	» 6-й » 9-й B	»	1.000 : 0.363
» »	» 9-й B до H	»	1.000 : 0.124

6. Если отвлечься от звезд, видимых невооруженным глазом, тогда блеск фона неба выражается здесь числом 0.21705 — 0.06535 = 0.15170; это показывает, если сравнить его с 0.92007, что фон неба в направлении полюса не достигает даже шестой доли блеска Млечного Пути.

Все эти заключения согласуются с общим видом небесного свода.

Чтобы продвинуть наше знание строения Млечного Пути, надо пожелать, чтобы чисто фотометрическим путем были бы определены относительные интенсивности как звезд различных классов видимой величины, так и фона неба в различных направлениях. Астрономическое наблюдение, равным образом, должно способствовать дальнейшему изучению Млечного Пути, следуя дорогой, которую указал и по которой шел Гершель. Надо распространить черпки на бóльшую часть небесного свода, сопоставить их с оценкой видимых величин и, в особенности, произвести их в бóльших кругах, перпендикулярных к направлению Млечного Пути. Это наблюдение доставит также подробности для исследования раздвоения Млечного Пути. Наконец, надо произвести черпки мощными телескопами, но значительно различающихся досягаемостей, или тем же телескопом, употребляя то полное отверстие, то отверстие, сокращенное до какой-нибудь доли.

О РАССТОЯНИЯХ НЕПОДВИЖНЫХ ЗВЕЗД

По исследованию г-на А. Ф. Петерса астронома Центральной обсерватории

В июне 1846 г. г-н Петерс представил Академии большой мемуар, озаглавленный «Исследования параллакса неподвижных звезд». Печатание этой важной статьи задержалось, так как автор хотел добавить еще новую дискуссию. Поэтому я думаю оказать услугу науке, сообщив астрономам предварительное резюме главных результатов, которые она содержит. Мемуар делится на три отдела:

1. Исторический обзор работ о параллаксе неподвижных звезд вплоть до 1842 г.

2. Исследование параллаксов нескольких звезд, определенных помощью наблюдений, сделанных на большом вертикальном круге Эртеля Пулковской обсерватории.

3. Исследование среднего параллакса звезд второй величины.

Первый раздел дает полное изложение работ, предпринятых для исследования параллаксов, от Тихо до г-на Маклира, соединенное с тщательной и ученой критикой этих трудов. Эта часть является выдающимся образцом исторического изложения в нашей науке и содержит специальные исследования. Астрономы, например, прочтут там с интересом, что г-н Петерс преуспел в определении численного

значения аберрации с помощью зенитных расстояний полярной звезды, наблюденных Флэмстидом с 1689 по 1697 г. Эти наблюдения содержатся в одном письме Флэмстида к Валлису, опубликованном в Трудах последнего в 1699 г. Найденная аберрация есть 20."676 ∓ 1."11, и вероятная ошибка одного отдельного наблюдения равна только 6."0. Флэмстид был, бесспорно, выше всех своих современников по точности наблюдений, но он был слишком слаб в математической теории, чтобы извлечь научные плоды своих работ.

Второй раздел мемуара наиболее значителен, так как он дает в заключение 8 параллаксов, а именно звезд α Малой Медведицы, Капеллы, ι Большой Медведицы, Грумбридж 1830, Арктура, α Лиры, α Лебедя и 61 Лебедя. Эти параллаксы были выведены из ряда наблюдений, сделанных г-ном Петерсом в 1842 и 1843 гг. с помощью большого вертикального круга Эртеля, ряда, содержащего, в общем, 711 зенитных расстояний различных звезд, из которых 289 полярной звезды.

Круг инструмента в 43 дюйма диаметром разделен через 2 минуты. Отсчет подразделений делается с помощью четырех микроскопов, снабженных микрометрами, и можно производить наведение на штрих деления с точностью до десятой секунды. Труба имеет объектив с отверстием около 6 дюймов и увеличение в 215 раз. Но ни размеры инструмента, ни точность делений не решают вопроса о точности наблюдений. Гораздо большее значение имеют сообразительность и умение астронома, направленные на избежание всякого невыгодного внешнего влияния и к исключению постоянных источников ошибок. Наконец, лишь приложение всех средств, которые представляют анализ и вычисление, единственно и могут привести к результатам, достойным доверия. Я думаю, что в этом отношении работа г-на Петерса может рассматриваться как подлинный образец точности и внутреннего совершенства. Это ясно сказывается уже в чрезвычайной малости вероятных ошибок одного отдель-

ного зенитного расстояния; ошибка, которая находится в конечном счете, после подстановки значений неизвестных в совокупность условных уравнений

$=0''.13$ для Полярной звезды, наблюденной в 4 наведениях, два раза при каждом положении лимба,
$=0''.22$ для Полярной, наблюденной в 2 наведениях,
$=0''.22$ для 7 других звезд, равным образом, наблюденных в 2 наведениях, по одному разу при каждом положении лимба.

Добавим еще, что для обработки наблюдений автор проявил самую высокую требовательность, употребляя наиболее достоверные численные коэффициенты и вводя члены аберрации и нутации, которыми до сих пор пренебрегали в астрономическом вычислении; наконец, он подверг собственные движения рассматриваемых звезд особому исследованию.

Работа г-на Петерса привела к новой оценке коэффициента постоянной аберрации $=20''.481$ с вероятной ошибкой в $0''.023$. Тот же коэффициент был окончательно определен из наблюдений, которые я произвел с помощью большого пассажного инструмента Репсольда, установленного в первом вертикале, $=20''.445$ с вероятной ошибкой в $0''.011$.

Два независимых числа согласуются в пределах их вероятных ошибок. Г-н Петерс рассматривает это согласие как наиболее действительное свидетельство реальности и точности параллаксов, найденных с помощью вертикального круга. Я думаю, что астрономы охотно согласятся с этим мнением.

Прежде чем дать значения параллаксов, я упомяну еще несколько интересных результатов мемуара.

1. Гнутие трубы было исключено во всех наблюдениях операцией перемены объектива и части, которая несет окуляр, на двух противоположных концах конической трубы инструмента. Эта операция дала одновременно значение гнутия при различных наклонах трубы по отношению к вертикальной линии. Совокупность наблюдений 8 звезд дала горизонтальное гнутие $=0''.385$. Одна полярная звезда дает

коэффициент $= 0.''380$; обнаруживается, что все наблюденные гнутия следуют закону синуса зенитного расстояния с такой точностью, что возможное отклонение между действительным гнутием и вычисленным по формуле $0.385 \sin z$ не превышает $0.''01$ от зенита до $z = 40°$.

2. Гнутие трубы наблюдалось при температурах, различавшихся почти на 40°, от +20 до —20° R. Обработав свои наблюдения, г-н Петерс нашел почти абсолютную неизменность гнутия в этих пределах температуры. Действительно, значение изменения, которое он получил решением 18 условных уравнений, образованных для группы наблюдений Полярной звезды, было ниже своей маленькой вероятной ошибки.

3. Наблюдения Полярной звезды были сделаны, по большей части, при ясном небе. Однако есть значительное число наблюдений, когда звезда была видна через слабые облака. Г-н Петерс нашел, что, в общем, для точности наблюдений безразлично, было ли оно сделано ночью, или днем, при чистом небе, или сквозь облака. При разделении полученных широт на два класса по состоянию неба широта оказалась равной

$59°64'18.''764 \mp 0.''010$, когда небо было ясным
18.802 ∓ 0.014, через облака

Разница $0.''038 \mp 0.''017$

Влияние, которое производят прозрачные облака на зенитные расстояния, следовательно, вообще, чрезвычайно мало. В последующей дискуссии г-н Петерс нашел только, что ночные наблюдения, сделанные через облака, дают широту на $0.''070 \mp 0.''025$ бо́льшую, чем та, которая выводится из совокупности наблюдений, сделанных при ясном небе; кажется, что рефракция также была слегка увеличена под действием ночных облаков.

4. В последней главе второго раздела обсуждается изменение широты. Это интересное исследование не поддается краткому изложению; кроме того, оно было уже затронуто в предва-

рительной публикации г-на Петерса (Astr. Nachr., № 509, и Бюллетень Академии, т. II). Результат исследования указывается значением $r = 0''079 \mp 0''017$ радиуса малого круга, который описывает полюс вращения земного шара вокруг полюса фигуры с периодом в 304 дня. Г-н Петерс, однако, высказывает сомнение в реальности этого движения, так как, может быть, оно появилось вследствие небольшой годичной периодичности средней рефракции, зависящей от местных обстоятельств. Продолжение этих наблюдений в течение нескольких лет может решить этот вопрос.

Я перехожу к самим параллаксам, определенным г-ном Петерсом, каковые суть:

Абсолютный	параллакс	61 Лебедя	+0″349	с	вероятной	ошибкой	0″080
»	»	α Лиры	+0.103	»	»	»	0.053
»	»	Полярной звезды	+0.067	»	»	»	0.012
»	»	Грумбридж 1830	+0.226	»	»	»	0.141
»	»	Капеллы	+0.046	»	»	»	0.200
»	»	ι Большой Медведицы	+0.133	»	»	»	0.073
»	»	Арктура	+0.127	»	»	»	0.043
»	»	α Лебедя	—0.082	»	»	»	0.043

Об этих параллаксах автор высказывает следующие соображения:

1. Параллакс 61 Лебедя $= + 0''349 \mp 0''080$ согласуется со значением $0''348 \mp 0''010$, найденным Бесселем с помощью гелиометра (Astr. Nachr., № 402), гораздо ближе, чем следовало ожидать по вероятным ошибкам. Во всяком случае, мы должны рассматривать наш параллакс как бесспорное подтверждение определения Бесселя. С другой стороны, мы находим в указанном согласии также действенный аргумент в пользу реальности и точности других параллаксов, найденных с помощью вертикального круга.

2. Вертикальный круг дал абсолютный параллакс α Лиры $= + 0''103 \mp 0''053$, между тем как микрометрические измерения г-на Струве доставили $+ 0''261 \mp 0''025$[84]. Разница в $0''158$ не так велика, чтобы ее нельзя было объяснить указанными

вероятными ошибками. Соединяя оба значения, мы получим как окончательное значение абсолютный параллакс α Лиры = 0ʺ.207 со средней ошибкой 0ʺ.038.

3. Для абсолютного параллакса Полярной звезды есть пять независимых друг от друга определений, которые мы здесь собрали, прибавив их вероятные ошибки и значения аберрации, доставленные теми же наблюдениями, и которые дали параллакс:

Параллакс Полярной звезды	Вероятная ошибка	Аберрация	Вероятная ошибка	Автор
+0ʺ.144	0ʺ.056	20ʺ.449	0ʺ.032	Линденау
+0.075	0.034	20.357	0.030	Струве
+0.172	0.029	20.425	0.018	Струве и Прейс
+0.147	0.030	20.551	0.043	Струве и Прейс
+0.067	0.012	20.503	0.018	Петерс

Первый из параллаксов основан на 890 прямых восхождениях Полярной, наблюденных различными астрономами; второй покоится на дерптских прямых восхождениях, наблюденных на старой меридианной трубе Доллонда с 1818 по 1821 г.; третий — на прямых восхождениях, наблюденных в Дерпте с 1822 г. по 1838 г. с помощью меридианного круга Рейхенбаха; четвертый — на склонениях, наблюденных тем же инструментом с 1822 по 1838 г. Наконец последнее значение — это то, которое было найдено в Пулкове. Беря средние и учтя вероятные ошибки, мы имеем следующие значения:

Параллакс = +0ʺ.091∓0ʺ.010,
Аберрация = 20ʺ.454∓0ʺ.011 (A).

Эти значения были бы наивероятнейшими, если бы все наблюдения были абсолютно избавлены от малых постоян-

ных влияний. Возьмем, поэтому, вторично среднюю, без рассмотрения вероятных ошибок, и мы будем иметь:

$$\text{Параллакс} = +0''.121 \mp 0''.014,$$
$$\text{Аберрация} = 20''.457 \mp 0''.021 \ (B).$$

Комбинируя (A) и (B), мы достигаем результата: Абсолютный параллакс Полярной звезды $= +0''.106$ с вероятной ошибкой $0''.016$.

Коэффициент постоянной аберрации $= 20''.455$ с вероятной ошибкой $0''.016$.

Я рассматриваю, говорит автор, это последнее значение параллакса Полярной звезды как окончательное, и мне кажется несомненным, что значение $= +0''.106$ является реальным и определенным с той степенью точности, которую указывает вероятная ошибка. Это убеждение покоится, в особенности, на точности найденной аберрации $= 20''.455$, которая отличается лишь на $0''.010$ от своего окончательного значения.

4. Для звезды Грумбридж 1830 мы имеем параллакс $+0''.226$ с вероятной ошибкой $0''.141$.

Эти числа показывают, что можно биться об заклад, что параллакс находится в пределах $+0''.09$ и $+0''.37$; 4.7 против одного, что он меньше, чем $0''.50$; но 4700 против одного, что он меньше, чем $1''.0$. Малость параллакса этой звезды изумительна, если учесть большое собственное движение, которое она имеет.

5. Среди других 4 параллаксов: Капеллы, ι Большой Медведицы, Арктура и α Лебедя есть 3 положительных и один отрицательный. Маленький отрицательный параллакс α Лебедя не имеет ничего шокирующего, так как он объясняется вероятной ошибкой. Она нам показывает, следовательно, что параллакс этой звезды должен быть чрезвычайно малым, и можно поставить 2000 против 1, что параллакс α Лебедя меньше, чем параллакс 61 Лебедя.

Я добавлю еще к соображениям автора о параллаксе звезды Грумбридж 1830 следующее замечание. Параллакс этой звезды покоится на 48 зенитных расстояниях, наблю-

денных в 1842 и 1843 гг., и он был уже рассмотрен в «Compte Rendu» нашей Академии[85] 1846 г. Затем г-н Фай также сделал предметом своих исследований определение параллакса той же звезды, наблюдая разности прямых восхождений этой звезды и других соседних звезд с помощью экваториала Парижской обсерватории. Этот ученый нашел параллакс, больший одной секунды: значение, которое никоим образом не согласуется с таковым г-на Петерса. Однако это последнее, как кажется, соответствует точности, которую выражает его вероятная ошибка; и можно сказать, что параллакс в одну секунду несовместим с рядом зенитных расстояний, наблюденных в Пулкове. Я смею думать, что в слишком большом параллаксе, найденном г-ном Файем, проявилось действие некоторых постоянных аномалий наблюдения, которые история параллаксов уже указывала в других случаях,—например в отрицательном параллаксе $= -0''.88$ 61 Лебедя, который нашел Бессель в 1815 и 1816 гг. из разностей прямых восхождений, наблюденных с помощью пассажного инструмента; параллакс, который отличается на $1''.23$ от значения действительно известного $= +0''.35$. В мемуаре можно будет найти подробную заметку касательно этого парадокса, которую я сообщил г-ну Петерсу.

В первой части этого доклада я дал оценку относительных расстояний неподвижных звезд по различным классам видимого блеска (см. стр. 85 и 86). Как бы точны ни были эти цифры в качестве средних значений, однако они не удовлетворяют нуждам науки, так как не ведут ни к какому реальному значению расстояний, измеренных в масштабе какой-нибудь известной единицы, такой, как радиус земной орбиты или радиус нашего земного шара. Астрономия, следовательно, находится сегодня по отношению к неподвижным звездам почти в том же положении, в каком она находилась более века тому назад по отношению к солнечной системе, до тех пор, пока не стал известен масштаб этой системы, сперва приближенно по наблюдениям Марса, а позднее,

с 1761 г., с большей строгостью по прохождениям Венеры по диску Солнца.

Г-н Петерс считал возможным определить в настоящее время достаточно уверенно среднее значение параллакса звезд первой или второй величины, основывая это исследование на всех параллаксах, измеренных с достаточной точностью. Число этих параллаксов значительно увеличится, если прибавить параллаксы, определенные в Дерпте с 1818 по 1821 г. из относительных прямых восхождений главных околополярных звезд и звезд сравнения. Значения этих параллаксов малы, но почти положительны, и знание их средней величины, равным образом положительной и превосходящей свою вероятную ошибку почти вшестеро, возвестило, вот уже 25 лет, об измеримом расстоянии этих звезд. В ту эпоху можно было, однако, сомневаться в реальности этой средней; и лишь после окончательной оценки постоянного коэффициента аберрации $= 20''.4451$, сделанной в Пулкове и констатированной еще в нескольких исследованиях настоящего мемуара, эти сомнения исчезли. Действительно, весьма близкое согласие между аберрацией $= 20''.3611$, которую дали дерптские наблюдения с 1818 по 1821 г., с окончательным начением, показывает либо точность дерптских параллаксов, либо то, что последние надо еще увеличить на несколько сотых секунды. Это заключение покоится на очень тщательном исследовании, в котором г-н Петерс доказал, что если в дерптском пассажном инструменте и была ежедневная изменчивость вследствие хода температуры в течение 24 часов, эта изменчивость была весьма малой; она должна была бы оказывать влияние того же знака как на значение аберрации, так и на значения параллаксов. Важность окончательного определения аберрации в этом исследовании легче всего понять из следующего соображения. Дерптские наблюдения, сделанные с помощью пассажного инструмента, дали $20''.3611$ для аберрации. Опубликованные в 1830 г. первым астрономом нашего времени «Tabulae Regiomonta-

nae» [86] дали аберрацию $= 20''.255$. Если бы это последнее число было правильно, дерптская аберрация была бы слишком велика; и, равным образом, были бы слишком велики и найденные параллаксы. Средняя из параллаксов, найденных с помощью того же инструмента, которым была определена аберрация, сокращается в этом случае до нуля или, может быть, до небольшого отрицательного значения. Но теперь, когда истинное значение аберрации $= 20''.4451$ известно и оказалось больше, чем $20''.3611$, не остается никакого сомнения в реальности параллаксов, найденных в Дерпте с 1818 по 1821 г.

Соединяя свои материалы, г-н Петерс нашел, что есть всего 35 звезд, либо абсолютные, либо относительные параллаксы которых были определены с такой степенью достоверности, которая позволяет их использовать в настоящем исследовании. Надо, однако, исключить из этого числа две звезды с большим собственным движением: 61 Лебедя и Грумбридж 1830, как случаи исключительные и избранные среди множества звезд. Остаются 33 звезды. Видимые величины звезд дают их относительные расстояния, для которых г-н Петерс, принимая за единицу среднее расстояние звезд второй величины, пользуется таблицей, которую я дал в предисловии к «Кенигсбергскому каталогу». Поэтому различные значения параллаксов ведут к стольким же условным уравнениям, в которых есть только одна неизвестная, а именно — среднее расстояние $= p$ звезд второй величины; уравнениям, относительные веса которых определяются их вероятными ошибками. Решая эти уравнения по методу наименьших квадратов, г-н Петерс получил в первом приближении значение p, которое равно

$$p = +0''.107 \text{ с вероятной ошибкой } 0''.006.$$

Но это значение, никоим образом, не может быть окончательным, так как правильное решение этих уравнений требует еще нескольких предосторожностей. В числе уравнений есть некоторые, которые не вполне независимы между собой,

так как они относятся к той же звезде. Во-вторых, надо оценить и ввести в уравнение возможные постоянные ошибки, которым могут быть подвержены наблюдения того же рода. Наконец, надо иметь в виду, что гипотеза об одинаковом абсолютном блеске для всех звезд далека от строгости и что, следовательно, в особых случаях расстояния могут быть другими, чем указывает видимый блеск. Даже оценка видимых величин имеет нечто неопределенное; наконец, средние расстояния звезд в классах видимой величины подвержены известной неуверенности.

Г-н Петерс сумел ввести все эти соображения в вычисление с тем искусством умозрения и анализа, которое его отличает. Естественно, что введение нескольких источников вероятных ошибок должно было воздействовать как на окончательное значение определяемой неизвестной, так, в особенности, и на окончательную вероятную ошибку. Не имея возможности следовать за подробностями ученого анализа автора, я могу дать лишь результат, который он получил: что средний параллакс звезд второй величины есть $p = +0''.116$ и что вероятная ошибка этого определения не превышает $0''.014$.

К этому результату он прибавляет следующее размышление: «Сравнение этого значения p с тем, которое нам дало решение первичных уравнений $p = +0''.107$ с вероятной ошибкой $0''.006$, показывает нам, что введение вероятных ошибок, относящихся как к абсолютному блеску звезд, так и к малым постоянным ошибкам найденных параллаксов, почти совершенно не изменило значение p; и мы приходим к заключению, что наше окончательное значение p почти независимо от предположений, которые мы сделали относительно ошибок блеска и параллаксов. Этот почти неожиданный результат должен быть приписан значительному числу использованных звезд и разнообразию инструментов, которые служили для наблюдений. С другой стороны, мы видим, что вероятная ошибка результата была должным образом увели-

чена введением рассматриваемых ошибок. Но эта вероятная ошибка в 0ʺ.014 настолько мала в сравнении с найденным значением $p = +0''.116$, что мы должны рассматривать последнее как определение, которое более не подлежит никакому существенному сомнению. Поэтому я рассматриваю средний параллакс звезд второй величины $p = +0''.116$ как главный и достоверный результат моего исследования [87].

Комбинация этого значения p с числами таблицы относительных расстояний (стр. 85) приводит нас в конце концов к таблице параллаксов и линейных расстояний звезд по различным классам видимой величины. Мы выразим все расстояния через радиус орбиты, которую описывает Земля вокруг Солнца, и прибавим время, которое употребляет свет, чтобы притти с соответственного расстояния звезд вплоть до глаза обитателя Земли. Для большего удобства мы заменим в этой таблице радиусы последовательных сфер расстоянием звезд, промежуточных между двумя величинами, выраженными в целых числах, таким способом, чтобы расстояние звезды видимой величины = 1.5 было равно радиусу, который заключает все звезды первой величины; чтобы расстояние звезды величины 2.5 было равно радиусу сферы, которая разделяет звезды второй и третьей величины, и так далее. Величины, выраженные в целых числах, относятся, следовательно, к среднему расстоянию звезд каждого класса.

Свет, который пробегает среднее расстояние, разделяющее Солнце и Землю, в промежуток времени в 8 мин. 17.78 сек., употребляет 15.5 лет, чтобы пройти расстояние звезд первой величины, 138 лет, чтобы притти с расстояния последних звезд, видимых невооруженным глазом, до Солнца, и 3451 год, чтобы пробежать громадное расстояние, которое находится между последними звездами, видимыми в 20-футовый телескоп Гершеля, и Солнцем.

Г-н Петерс заканчивает свой мемуар одним приложением найденного результата. Мы упоминали на стр. 51 и 52 недавние работы о собственном движении солнечной системы.

Таблица параллаксов и линейных расстояний звезд от Солнца

Видимая величина	Параллакс	Расстояние, выраженное в радиусах земной орбиты	Время, которое употребляет свет, чтобы притти с этого расстояния до Солнца. Юлианские годы
1-й А	0.″209	986 000	15.5
1.5-й А	0.166	1 246 000	19.6
2-й А	0.116	1 778 000	28.0
2.5-й А	0.098	2 111 000	33.3
3-й А	0.076	2 725 000	43.0
3.5-й А	0.065	3 151 000	49.7
4-й А	0.054	3 850 000	60.7
4.5-й А	0.047	4 375 000	69.0
5-й А	0.037	5 378 000	84.8
5.5-й А	0.034	6 121 000	96.6
6-й А	0.027	7 616 000	120.1
6.5-й А	0.024	8 746 000	137.9
6.5-й В	0.025	8 100 000	127.7
7.5-й В	0.014	14 230 000	224.5
8.5-й В	0.008	24 490 000	386.3
9.5-й В	0.006	37 200 000	586.7
Н + 0.5	0.00092	224 500 000	3541.0

Г-н О. Струве, комбинируя результат своих вычислений с таковым г-на Аргеландера, определил, что точка, к которой направлено движение солнечной системы, расположена для эпохи 1840 г. в прямом восхождении = 259°35.′1 с вероятной ошибкой 2°57.′5 и северном склонении = 34°33.′6 с вероятной ошибкой 3°24.′5. Кроме того, г-ну О. Струве удалось определить угловое значение = *q* годичного движения Солнца,

такое, которое представляется при рассмотрении под прямым углом и со среднего расстояния звезд первой величины. Он нашел два следующих значения:

По прямым восхождениям звезд $q = 0''.32122$ с вероятной ошибкой $0''.03684$,
» склонениям звезд $q = 0''.35719$ » » » $0''.03562$

Комбинация этих двух значений дает

$$q = 0''.3392 \text{ с вероятной ошибкой } 0''.0252.$$

Этот результат заслуживает доверия, поскольку он основан на двух независимых значениях, полученных либо по прямым восхождениям, либо по склонениям; значениях, которые согласуются в пределах вероятных ошибок.

Теперь, когда параллакс звезд первой величины известен и равен $0''.209$, мы в состоянии превратить угловое движение $= q$ в линейное движение в пространстве $= m$; принимая радиус земной орбиты за единицу, мы имеем

$m = \frac{0.3392}{0.209} = 1.623$ с вероятной ошибкой 0.229 [88].

Вот прекрасный плод соединенных исследований трех русских астрономов, г-д Аргеландера, О. Струве и Петерсх, основанный на наблюдениях, выполненных в трех обсерваториях — в Дерпте, Або и Пулкове, и который выражается следующим тезисом:

Движение солнечной системы в пространстве направлено к точке небесной сферы, расположенной на прямой, которая соединяет две звезды третьей величины: π и μ Геркулеса на четверти видимого расстояния этих звезд, если исходить от π Геркулеса. Скорость этого движения такова, что Солнце со всеми телами, которые от него зависят, ежегодно продвигается на 1.623 радиуса земной орбиты или на 33 550 000 географических миль. Вероятная ошибка этой последней цифры доходит до 4 733 000 географи-

ческих миль, или до одной седьмой найденного значения. Можно, следовательно, поставить 400 000 против одного за действительность собственного поступательного движения Солнца и 1 против 1, что оно заключено в пределах 38 и 29 миллионов географических миль.



ПРИМЕЧАНИЯ

Примечание 1. Страница 10

Коперник начинает свой бессмертный труд «De revolutionibus» тезисом, что мир имеет сферическую форму.

«Principio advertendum nobis est, globosum esse mundum, sive quod ipsa forma sit perfectissima omnium, nulla indigens compagine, tota integra: sive quod ipsa capacissima sit figurarum, quae compraehensurum omnia, et conservaturum maxime decet: sive etiam quod absolutissimae quaeque mundi partes, Solem dico, Lunam et stellas, tali forma conspiciantur: sive quod hoc universa appetant terminari quod in aquae guttis ceterisque liquidis corporibus apparet, dum per se terminari cupiunt. Quo minus talem formam coelestibus corporibus attributam quisquam dubitaverit» [[89]].

Но он совершенно не объясняет природу неподвижных звезд: «Prima et extrema omnium, est stellarum fixarum sphaera, seipsam et omnia continens ideoque immobilis» [[90]] (смотри издание 1543, f. 1 и 9). Вот все, что он говорит о неподвижных звездах.

Примечание 2. Страница 10

Вот подлинные слова Галилея «Magnum sane est supra numerosam Inerrantium Stellarum multitudinem, quae naturali facultate in hunc usque diem conspici potuerunt, alias innumeras superaddere, oculisque palam exponere, antehac conspectas numquam, et quae veteres, ac notas plusquam supra deculpam multiplicitatem superent. — Atercationes insuper de

Galaxia, seu de Lacteo circulo sustulisse, ejusque essentiam sensui, nedum intellectui manifestasse parvi momenti existamandum minime videtur» [91].

Примечание 3. Страница 11

Год 1622, напечатанный на титуле четвертой книги «Epitome» Кеплера, есть типографская ошибка. Книга была опубликована в 1620 г. (см: Catalogus librorum speculae Pulcovensis, 8, стр. XXIV)[92].

Примечание 4. Страница 11

Чтобы доказать этот тезис, Кеплер упоминает на стр. 37 три ярких звезды пояса Ориона, отстоящие друг от друга почти на 83′. Действительно, надо предположить, что три звезды находятся во взаимной зависимости, так как вероятность такой случайной близости между тремя звездами второй величины чрезвычайно мала (см. мой «Catalogus Novus», 1827 г., стр. VIII, XI [93]). Кеплер, однако, не обобщил этот исключительный случай, но удовлетворился идеей связи между некоторыми звездами, по видимости очень близкими.

Примечание 5. Страница 12

Это число в 2000 достаточно точно, потому что, согласно современным данным, среднее, расстояние Сатурна, выраженное в радиусах Солнца, есть

$$9.53885 : \sin 16'0''.9 = 2047.6$$

Примечание 6. Страница 13

Кеплер пользуется аналогичной гармонией для оценки расстояния между Землей и Солнцем, беря объем Солнца: объему Земли = расстояние Солнца : земному радиусу.

Эта пропорция приводит при видимом радиусе Солнца=15′, который он предполагает, к расстоянию $\sqrt[3]{\left(\frac{1}{\sin 15'}\right)^2} = 3469$, или к горизонтальному параллаксу Солнца = 59″.45, в восемь раз большему действительного.

Примечание 7. Страница 15

Вот полное название: Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes nach Newtonischen Grundsätzen abgehandelt. Königsberg und Leipzig. 1755 [94]. Труд посвящен великому королю Фридриху II. Имени автора нет ни на титуле, ни в конце посвящения и предисловия. Кант вернулся еще раз к космогоническим спекуляциям в трактате 1763 г. «О доказательствах бытия божия», который находится в его смешанных произведениях (Kants Kleine logisch-metaphysische Schriften, herausgegeben von Rosenkranz, Leipzig, 1838) [95]. Чтение этого маленького трактата облегчает изучение идей Канта, так как он более систематичен, чем «Естественная история».

Примечание 8. Страница 16

На стр. 18 труда Кант предсказал, например, существование планет за Сатурном; предсказание, которое осуществилось впоследствии благодаря открытиям Урана и Нептуна.

Примечание 9. Страница 16

Лаланд в своей «Библиографии» упоминает следующие работы, опубликованные Томасом Райтом: The use of the globes, or the general doctrine of the sphere. London, 1740, 8° [96]. — Clavis coelestis being the explication of a diagram entitled: A synopsis of the universe, or the visible world epitomized. London, 1742, 4° [97]. — The theory of the universe. London, 1750, 4° [98].

Повидимому, Кант говорит о третьем труде. Но он не видел оригинала, а прочел мемуар в журнале «Hamburgische freie Urtheile von 1751» [99]. Пулковская библиотека не имеет ничего из сочинений Райта.

Примечание 10. Страница 17

Это важное замечание, что звезды, видимые невооруженным глазом, наиболее сконцентрированы к Млечному Пути, встречается здесь впервые.

Примечание 11. Страница 18

Смотри труд Канта, стр. 138. Но выражение автора «Wenn er gleich 10 000 mahl unsere Sonne an Grösse übertrifft» [100] не точно: нужно было бы сказать «Wenn er gleich 1 000 000 mahl unsere Sonne an Raumgrösse übertrifft» [101].

Примечание 12. Страница 18

Эта аргументация убедительна в случае предположения, что Млечный Путь имеет кольцевую форму и что Солнце помещается внутри сравнительно пустого кольца. Однако, кажется, Кант не разделял этой идеи о форме Млечного Пути; по меньшей мере, он ее не высказывал ни в каком месте работы.

Примечание 13. Страница 19

Смотри стр. 3 труда.

Примечание 14. Страница 19

Вот как Кеплер говорит о Млечном Пути на стр. 38 и 39 «Epitome»: «Via, Graecis lactea, nostris semita S. Jacobi, diffusa est per medium fixarum orbem (uti quidem orbis is nobis apparet) dividens illum in duo apparentia Hemisphaeria; estque circulus ejus inaequalis quidem latitudinis, sed tamen circumcirca non valde sui ipsius dissimilis. Ergo via lactea notabiliter signat locum Terrae et mundi mobilis, prae locis omnibus aliis, in regione fixarum. Pone namque terram stare ad latus, une semidiametro viae lacteae; nunc haec via lactea apparebit illi circulus parvus, vel Ellipsis parva, tota declinans ad latus alterum; eritque simul uno intuitu conspicua, queae nunc non potest nisi dimidia conspici quovis momento.

«Rursus pone Terram esse in plano quidem viae lacteae, sed vicinam altrinsecus ipsi circumferentiae illius: tunc illa pars viae lacteae ingens apparebit, contraria pars angusta.

«Itaque fixarum sphaera non tantum Orbe stellarum sed etiam circulo lactis versus nos deorsum est terminata» [102].

Кеплер, следовательно, бесспорно принимает Млечный Путь за кольцо.

Примечание 15. Страница 19

Оригинальное название труда: Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues ausgefertigt von J. H. Lambert. Augsburg, 1761, 8° [103].

Примечание 16. Страница 21

Различные числа этого тезиса никоим образом не произвольны. Чтобы получить приблизительное число звезд, собранных в нашем скоплении, Ламберт, за неимением более современных работ, прибегает к наблюдению Галилея, который подсчитал, с помощью своей только что изобретенной трубы, между мечом и поясом Ориона 400 звезд на видимой площади приблизительно в 10 квадратных градусов. Теперь, предполагая для всей сферы равное распределение звезд, Ламберт приходит к общему числу в 1 650 120 звезд. Это вычисление, однако, иллюзорно. Конечно, та же труба не могла бы показать 400 звезд на десяти квадратных градусах в области полюса Млечного Пути, и Ламберт пренебрегает доказательством того, что звезды, видимые в Орионе, вовсе не принадлежат, по большей части, к Млечному Пути. Найдя полное число звезд, Ламберт приступает к определению внешнего радиуса скопления. Он должен был бы найти для радиуса, выраженного в расстояниях звезд первой величины, значение $\sqrt[3]{\frac{1650120}{35.573}} = 35.925$ (см. примеч. 41). Но он пришел к числу 75, вдвое большему, предполагая, что имеется двенадцать звезд на расстоянии $= 1$, 4 дюжины на расстоянии $= 2$, прибавляется еще 9 дюжин на расстоянии $= 3$, и т. д. — предположение, которое никоим образом не соответствует распределению, пропорциональному пространству.

Его оценка внутреннего диаметра Млечного Пути основана на следующем соображении. Средняя ширина Млечного Пути равна 10°. Поэтому видимый диаметр ближайшей кучи в Млечном Пути равен 10°. Также и видимый диаметр ближайшего скопления в Млечном Пути должен быть меньше, чем 10°, так как он не может быть больше, чем ширина Млечного Пути, частью которого он является; последняя еще увеличена по видимости боковым положением нашего скопления. Вероятно, видимый диаметр соседнего скопления не превосходит 5—6°, а его расстояние будет от 10 до 12 раз больше, чем его диаметр.

Примечание 17. Страница 21

Но эта резкая граница Млечного Пути, по мнению В. Гершеля, в действительности не существует. В самом деле, небесные области, соседние с видимым Млечным Путем,

еще несравненно богаче звездами, чем другие области, которые расположены по направлению к полюсам Млечного Пути.

Примечание 18. Страница 22

См. примеч. 24.

Примечание 19. Страница 22

Это заключение, данное на стр. 175 труда, не строго. Принимая размещение скоплений, по Ламберту, видимая ширина Млечного Пути всегда будет независима от более или менее центрального положения нашего скопления. Эксцентричность нашего положения могла бы произвести лишь бо́льшую интенсивность со стороны центра. Если Млечный Путь кажется более широким со стороны Козерога, в системе Ламберта это должно быть следствием того, что наше скопление не находится на равном расстоянии от соседних скоплений, расположенных с одной и с другой стороны, или что оно помещается эксцентрично в своем районе, но не по отношению ко всему Млечному Пути.

Примечание 20. Страница 23

Ламберт говорит в предисловии на стр. XVII, что он пришел к выводу о собственном движении неподвижных звезд индуктивным путем и что позже, к своему большому удовлетворению, он узнал об исследованиях Т. Майера, в которых было установлено его существование. Повидимому, более раннее определение собственных движений Арктура и Сириуса Галлеем и другими было ему неизвестно.

Примечание 21. Страница 24

Интересно видеть здесь упоминание о принципе, который ведет к открытию неизвестного тела в системе благодаря возмущающему воздействию, оказываемому им на движение известного тела; принципе, который в наши дни привел к блестящему открытию планеты за орбитой Урана.

Примечание 22. Страница 24

Однако можно сильно сомневаться, что тело, даже большое и соседнее с Солнцем, которое его освещает, будет

видимо благодаря отраженному свету [104]. Во всяком случае, неподвижная звезда, от которой оно получает свет, должна быть видимой несравненно лучше.

Примечание 23. Страница 25

Гершель дает в своем мемуаре 1799 г. проникающую силу своего телескопа в 40 футов=196.17 по своей шкале, что равно 229.1 расстояний последних звезд «Уранометрии» г-на Аргеландера. Таким образом, расстояние этих звезд = 8 таковым звезд первой величины. Последние остаются видимыми в большой телескоп вплоть до 1800 их эффективных расстояний. Поэтому диаметр зеркала, с которым можно увидеть звезды в 150 000 раз более далекие, чем звезды первой величины, должен быть: $4 \cdot \frac{150\,000}{1800} = 333$ футов, отвлекаясь от ослабления света в пространстве.

Примечание 24. Страница 26

Ошибка Ламберта, которую мы указали, была порождена неточной идеей, которую он составил себе о видимом сгущении звезд в Млечном Пути по сравнению с другими частями небесного свода. «Как бы бесчисленны ни были — говорит он на стр. 118 и 155, — звезды вне Млечного Пути, однако, по сравнению с теми, которые нам представляет эта полоса, они являются едва ли каплей по отношению к океану. Предположите, что две звезды, угловое расстояние которых равно лишь секунде, находятся на равном расстоянии от нас; их истинное расстояние будет $\frac{1}{200\,000}$ их расстояния от Солнца. Положим это расстояние равным 500 000 радиусов орбиты Земли. В этом случае расстояние между двумя звездами будет в 2.5 раза больше расстояния Земли от Солнца. Но так как они тяготеют одна к другой, они должны были бы давным давно упасть друг на друга, или иметь обращательное движение вокруг общего центра тяжести. Это движение, будучи короткопериодическим, должно было бы быть замеченным в телескопы, которые показали бы постоянные изменения относительного положения, и одну звезду то впереди, то позади другой. Но ничего подобного не было замечено. Следовательно, такие звезды находятся на расстояниях, весьма неравных расстоянию Солнца. Весь

Млечный Путь должен бы кишеть (малыми движениями), если только звезды не расположены в длинных рядах, одна за другой».

В этом прекрасном рассуждении есть та неточность, что оно предполагает звезды Млечного Пути настолько стиснутыми, что их угловые расстояния имеют размеры всего лишь порядка одной секунды. Во времена Ламберта из наблюдений не знали даже одной пары звезд, столь близких друг к другу. Сэр В. Гершель знал только 9 пар; я открыл в Дерпте 38 новых пар, и г-н О. Струве добавил к ним в Пулкове еще 168. Поэтому сегодня телескопы позволяют нам увидеть почти 200 звезд с расстоянием, меньшим одной секунды. Но именно в таких парах современная астрономия обнаружила явление движения обращения, которое Ламберт так хорошо описал и в существовании которого он сомневался, не отрицая его безусловно. Потому что он замечает на стр. 167, что надо решить наблюдением, «существуют ли, действительно, неподвижные звезды, находящиеся в сфере взаимного действия, которое производит быстрое движение вокруг центра тяжести». Слишком большое видимое сгущение звезд в Млечном Пути, которое предположил Ламберт, соблазнило его поместить Солнце на столь огромное расстояние.

Но ка́к объясняет он видимость неподвижных звезд с этого громадного расстояния? Признаюсь, что все, что он говорит об этом предмете, немного не ясно. В своей «Фотометрии» на стр. 506 он просто высказывается «quippe et ejusmodi fixas adhuc videmus, quae vel centies millies remotiores sunt (fixis vicinioribus)» [105] без доказательства. Последнее, хотя и в неясной форме, находится в космологических письмах. Вот резюме его рассуждения. Мы видим невооруженным глазом звезды до шестой величины. Звезды за этим классом блеска невидимы для глаза потому, что глаз не создает точного изображения звезды, показывая нам, например, звезды первой величины имеющими видимый диаметр в две минуты, хотя последний, в действительности, не превосходит $\frac{1}{240}$ секунды. От этого дефекта глаза помогает телескоп, производя гораздо более точное изображение. Интенсивность света неподвижных звезд, равная интенсивности Солнца, тогда такова, что видимость маленькой звезды больше не зависит в конечном счете от ее рас-

стояния, но единственно от впечатления, которое ее свет производит на элемент нерва сетчатки. Безразлично, каков диаметр области сетчатки, на которую непосредственно подействовал свет; ее раздражение всегда сообщится всему нерву и произведет впечатление, столь же живое и независимое от расстояния звезды. Вот фотометрическая ошибка Ламберта, в которой он мог бы убедиться, если бы он имел случай смотреть на небо в несколько труб с различными отверстиями объектива. Нигде в работе я не встречал упоминания, что видимость звезд зависит также от отверстия объектива. Наконец, кажется, что Ламберт был вынужден притти к своим неточным фотометрическим выводам в этом отношении, так как он не видел другой возможности, чтобы объяснить огромные расстояния звезд, указанные его умозрениями.

Примечание 25. Страница 26

См. «Philosophical Transactions» [106], том I, VII, стр. 234—264. Название мемуара: An Inquiry into the probable Parallax and Magnitude of the fixed stars, from the Quantity of Light which they afford us, and the particular Circumstances of their Situation, by the Rev. John Michell [107].

Примечание 26. Страница 26

Мичелл ничего не знал ни об идентичном исследовании Ламберта, предшествовавшем ему на 7 лет, ни об умозрении Канта, опубликованном спустя 12 лет. Но фотометрический анализ Мичелла менее полон, чем анализ его предшественника.

Примечание 27. Страница 26

Мичелл выражает надежду, что со временем наблюдения покажут небольшие параллаксы некоторых звезд; потому что он считал возможным сооружать инструменты, способные показывать двадцатые доли секунды. «Но эти инструменты — говорит он — должны быть построены по плану, весьма отличному от нынешних инструментов». Надо согласиться, что это предсказание осуществилось в инструментах с микрометрами, усовершенствованных Фраунгофером.

Примечание 28. Страница 26

Он добавляет еще следующее соображение: «Равным образом, ни покрытия неподвижных звезд Луной, ни покрытия, которые по временам производят планеты, не могут дать нам значения действительных диаметров неподвижных звезд из времени погружения, в особенности по причине атмосфер, которые, вероятно, окружают планеты» [108].

Примечание 29. Страница 27

Мичелл нашел, что вероятность случайного сближения есть лишь $\frac{1}{80}$ для двух звезд Козерога, отстоящих на 3′ друг от друга. Вероятность уменьшается до $\frac{1}{500\,000}$ для соединения 6 звезд, видимых невооруженным глазом в Плеядах. Первое число неточно, так как основано на числе 230 существующих звезд видимой величины, равной с двумя звездами Козерога. Действительно, обе звезды в этом случае должны бы быть третьей величины, между тем как одна из них — лишь шестой величины.

Примечание 30. Страница 27

Мичелл говорит по этому случаю о возможности для телескопов с бóльшим отверстием сделать видимыми весьма удаленные объекты. Чтобы определить эту возможность, он сравнивает количество света, которое инструмент проводит в глаз, с тем, которое глаз получает непосредственно через отверстие зрачка. Поэтому он является предшественником Гершеля в отношении понятия о проникающей способности телескопов в пространстве.

Примечание 31. Страница 28

Он предполагает, что всякая красная звезда, в действительности, больше белой звезды того же видимого блеска (стр. 253) [109].

Примечание 32. Страница 28

На стр. 252 он также рассматривает видимое движение неподвижных звезд как результат их действительного движения и движения Солнца. Это последнее производит род векового параллакса, который может служить — говорит

он — чтобы определить расстояния многих звезд, которое было бы невозможно узнать другим путем [110].

Примечание 33. Страница 28

Кант родился в 1724 г., умер в 1804 г., и был на четыре года старше Ламберта, родившегося в 1728 г. и умершего в возрасте 49 лет в 1777 г. Ламберт, кроме публикации космологических писем в 1761 г., пользовался известной репутацией, будучи избран уже в 1756 г. корреспондентом Геттингенского общества. Кант опубликовал естественную историю неба в 1755 г.; в том же году он читал свои первые курсы в Кенигсбергском университете; но лишь 15 годами позднее он занял кафедру профессора философии. Поэтому большая известность Канта начинается с гораздо более поздней даты, чем 1755 г. В смешанных произведениях Канта мы находим корреспонденцию между Кантом и Ламбертом с ноября 1765 г. по 1770 г., состоящую только из 5 писем, из которых 3 Ламберта и 2 Канта. Это здесь, на стр. 346, мы узнаем, что первые космологические идеи Канта относятся к 1749 г. Указанная заметка Канта находится на стр. 167 его трактата 1763 г. и кончается следующими словами: «Согласие между идеями этого остроумного человека [Ламберта] и теми, которые я высказал тогда [в 1755 г.], доходит вплоть до небольших деталей и увеличивает во мне надежду, что этот набросок найдет в будущем некоторые подтверждения». Однако есть существенные различия в некоторых точках зрения обоих авторов.

У Канта Млечный Путь есть система второго порядка, у Ламберта он — третьего порядка. Различные системы второго порядка Ламберта — скопления — отделены между собой огромными пустыми пространствами. Эти пустоты не существуют у Канта. Наконец последний допускает постепенное сгущение звезд по направлению к главной плоскости, между тем как Ламберт видит в Млечном Пути наиболее длинные ряды звезд. В этом последнем пункте Ламберт согласуется в некоторой степени с системой Гершеля 1785 г., а Кант — с позднейшими взглядами великого астронома из Слоу [111].

Примечание 34. Страница 29

Мемуар Мичелла был прекрасно известен Гершелю, который упоминает его в различных местах в самых почет-

ных выражениях. Этот мемуар находится также в публикациях Ученого общества [112], славой которого скоро стал сам Гершель; но Мичелл несомненно не имел никакого представления о книгах Канта и Ламберта.

Примечание 35. Страница 30

После изобретения телескопа Гевелий, кажется, был первым, который направил свое особое внимание на туманности. Его Catalogus stellarum fixarum ad annum 1660 [113], опубликованный в 1687 г. и позднее присоединенный к «Prodromus», который появился в 1690 г., содержит 16 звезд, которые он обозначил «туманностями». Дергэм собрал их в «Philosophical Transactions» 1733 г. на стр. 71 и добавил еще 6 других, которые упоминаются Галлеем в «Philosophical Transactions» 1714—1716 гг. на стр. 390. Среди них находится туманность Ориона, открытая в 1656 г. Гюйгенсом. Кажется странным, что она ускользнула от Гевелия; но надо вспомнить, что он производил свои наблюдения мест звезд без употребления трубы. Галлей, никоим образом, не принимал туманности за собрание отдаленных звезд; для него они являются «не чем иным, как светом, пришедшим с огромного расстояния через эфир, в котором распределена материя, светящая своим собственным светом». Он предсказывает в то же время существование гораздо большего числа неизвестных до сих пор туманностей. Дергэм очень близок к мнению Галлея и ясно говорит, что они никоим образом не являются скоплениями звезд, как Млечный Путь; он принимает их «за большие области света, несомненно, помещающиеся за неподвижными звездами». Однако до Мессье знали всего 22 туманности и скоплений звезд, видимых в Европе. Последний довел их число до 103, но не высказал определенно мнения об их природе, рекомендовав, как правило, в «Мемуарах Академии на 1771» (стр. 452), исследовать, в первую очередь, подвержены ли или не подвержены туманности изменениям формы.

Каталог туманностей южного неба был дан Лакайлем в «Мемуарах на 1755 г.». Он содержит 42 туманности, из которых 6 находятся между теми, которые позже наблюдал Мессье. Надо признать, что в 1755 г. благодаря работе Лакайля знания туманностей южного неба были продвинуты больше, чем знания туманностей северного неба. Кроме

того, Лакайль был философом более, чем Мессье. Сперва он делит туманности на три класса.

«Первый есть не что иное, как беловатое, плохо ограниченное пространство, более или менее светящееся и часто весьма неправильной формы; эти пятна обычно напоминают ядра слабых и бесхвостых комет.

«Второй сорт туманностей — это звезды, которые кажутся туманностями по внешности и при зрении невооруженным глазом, но которые видны в трубу как скопления отдельных звезд, хотя и весьма близких одни к другим.

«Третий сорт — это звезды, которые, действительно, сопровождаются или окружены белыми пятнами или туманностями первого класса».

Лакайль говорит дальше, что он исследовал Млечный Путь и два Магеллановых облака «и что эти части неба между собою так похожи, что эти облака являются лишь отдельными частями Млечного Пути, который и сам состоит из частей, зачастую прерывистых» [73]. Потом он выражает сомнение в том, что белизна Млечного Пути и двух облаков вызвана скоплениями звезд, более сжатыми, чем в других частях неба, так как в его 14-футовом телескопе он видел там не больше звезд, чем в других местах, где фон был темен (те трубы, которые служили Лакайлю на Капе, были, кажется, весьма посредственны, и он сам на это жалуется). Лакайль рассматривает поэтому «все туманности первого рода как маленькие части Млечного Пути, рассыпанные в различных местах неба», и туманности третьего рода как случайное явление тождественности направления звезды и направления туманности. Он не говорит, что он думает о туманной, незвездной материи.

Примечание 36. Страница 30

Среди 39 томов есть 37, которые содержат мемуары, написанные Гершелем. Два года — 1813 и 1817 — являются единственными, когда он не представлял Обществу мемуар

Примечание 37. Страница 30

Гершель, по рождению немец, был вполне английским астрономом. Он начал астрономические исследования, лишь покинув свое отечество. Именно в Англии он приобрел средства создать свои мощные инструменты, именно по-

английски он публиковал свои мемуары [114]. Однако восхищение его работами было, кажется, более всеобщим и более постоянным в Германии и Франции, чем в Англии. По меньшей мере, в Германии лет двадцать тому назад думали о полном издании трудов Гершеля, первый том которых появился в 1826 г. (1-й том полного собрания сочинений В. Гершеля. О строении неба. Дрезден и Лейпциг, 1826) [115]. Издателем был астроном Пфафф, профессор астрономии в Дерпте до 1809 г., потом в Эрлангене. Что касается Франции, то интерес, с которым она до сих пор относится к гершелевской астрономии, документирован в ученом анализе, который дал г-н Араго в «Annuaire» [32] на 1842 г. (Исторический и критический анализ жизни и трудов сэра Вильяма Гершеля). Это анализ большой ценности, так как он будет, как мне кажется, источником, откуда большинство астрономов почерпнет знание трудов Гершеля до тех пор, пока в руках ученых не будет полного издания на оригинальном языке.

Примечание 38. Страница 30

Надо надеяться, что это издание будет содержать важные добавления из рукописей В. Гершеля, которые находятся в руках его сына. Чтобы сделать его полным, я думаю, что надо добавить каталог ин-фолио, опубликованный в 1798 г. мисс Каролиной Гершель. Введения к трем разделам этого труда принадлежат перу брата. Мне представляется крайне необходимым систематический характер издания, так как он чрезвычайно облегчит его изучение и пользование. Г-н Араго опубликовал в конце своего анализа (стр. 601—608) хронологическую таблицу мемуаров В. Гершеля. Я дал систематический список этих мемуаров в каталоге библиотеки нашей обсерватории [93].

Примечание 39. Страница 31

«Astronomy by sir John W. H. Herschel», London, 1833 [116]. Этот прекрасный труд был переведен на много других европейских языков. Немецкий перевод Михаэлиса, опубликованный в 1838 г., содержит несколько интересных примечаний переводчика.

Примечание 40. Страница 32

Это выражение: Соседний с местом... (and near the point where it subdivides into two principal laminae, inclined at

a small angle to each other) [117] не согласуется с разделом о Млечном Пути, который сэр В. Гершель дал в своем мемуаре 1785 г. Действительно, там расстояние Солнца от точки, где два пласта отделяются от тела скопления, очень значительно. Но место Солнца находится почти на продолжении двух главных направлений этих пластов.

Примечание 41. Страница 33

Задача определения отношения среднего расстояния $=1$ соседних звезд и радиуса сферы $=r$, которая содержит число N звезд, распределенных почти равномерно, обсуждалась различными авторами, каковы Ламберт («Cosmologische Briefe» [118], 1760, стр. 155), Гершель («Memoire», 1785, или «Philosophical Transactions», 1785) и Шуберт («Bode's Jahrbuch» на 1805 г., стр. 135 [119]). Эти авторы обсуждают задачу с различных точек зрения и находят решения, которые не вполне согласуются между собой. Это объясняется природой задачи, потому что геометрически невозможно распределить некоторое число точек в пространстве так, чтобы каждая точка была на равном расстоянии от того же числа соседних точек. Каждый воображал поэтому особенное распределение точек в пространстве, чтобы основать на нем вычисление. Но эти различные распределения имели общий недостаток в том, что, отправляясь от начальной точки, распределение не остается тем же для какой-нибудь другой точки, рассматриваемой как новая отправная точка. Во всяком случае, решение должно удовлетворить основному условию, что число точек (звезд), заключенных внутри сферы (или в некотором объеме), должно быть пропорционально объему. Благодаря этому условию мы имеем $\frac{4\pi}{3}r^3:N=s$, где s будет единица пространства, на которую увеличивается объем на каждую звезду в отдельности, или модуль объема, относящегося к каждой звезде. Теперь надо найти с помощью s среднее расстояние соседних звезд. Для этой цели я предполагаю, что геометрическая форма модуля есть тетраэдр и что длина ребер этой пирамиды определяет среднее расстояние $=1$ соседних звезд. Или, так как объем такой пирамиды будет

$$s=\frac{1}{12}\sqrt{2}\text{, мы имеем } 16\pi r^3=N\sqrt{2}$$

и

$$r=\sqrt[3]{\frac{N\sqrt{2}}{16\pi}}=\sqrt[3]{\frac{N}{35.573}}.$$

Если в поле видимого радиуса $=\lambda$ трубы, выраженного в секундах, число видимых звезд $=n$, мы имеем для числа N звезд, видимых на всей небесной сфере, всегда предполагая правильное распределение,

$$N=\frac{4\pi}{\sin\lambda^2}\cdot n \quad \text{и} \quad r=\sqrt[3]{\frac{n\sqrt{2}}{4\sin\lambda^2}}=2468.5\sqrt[3]{\frac{n}{\lambda^2}}$$

Гершель дает нам, например, $n=588$ и $\lambda=450$ по одному из своих черпков, или 588 звезд, видимых в поле своей трубы в 15 минут диаметром. Отсюда двумя методами выводится один раз $r=497$, а другой раз $r=464$. Наша формула дает здесь, как и в других случаях, меньшее значение $r=352.2$.

Примечание 42. Страница 33

Труба, использованная в черпках, имела еще маленькое зеркало. Только с 1786 г. Гершель придал ей фронтальное зрение [48] (the front view), благодаря которому, избавившись от маленького зеркала, он значительно увеличил силу инструмента. По Гершелю, телескоп имел в своей первой конструкции проникающую силу $=61.18$, которая поднялась, благодаря фронтальному зрению, до 75.08. О проникающей силе смотри примеч. 59.

Примечание 43. Страница 34

По Гершелю, полюс Млечного Пути для 1785 г. имеет прямое восхождение $=186°$ и склонение $=+32°$. Плоскость, которая пересекает экватор под углом в 35° в 304°30′ прямого восхождения, проходит на расстоянии в 0°23′ от этого полюса [120].

Примечание 44. Страница 35

Г-н Араго в своем «Анализе» на стр. 456 сообщает, что «туманность в сто раз более протяжена в одном направлении, чем в другом. Числа, которые я сообщу, — говорит он, — суть те, которыми воспользовался добросовестный наблюдатель, чтобы сделать разрез или даже рисунок в трех измерениях обширной туманности и т. д.». Здесь есть промах,

так как отношение максимума и минимума протяженности разреза, которое дал Гершель, есть $1:5\frac{1}{2}$. Мне кажется, что в этом месте анализа находится еще одна неточность. Гершель дает в мемуаре 1785 г. только разрез Млечного Пути; в мемуаре 1784 г., правда, есть рисунок в трех измерениях; но он дан лишь, чтобы объяснить теорию; хотя он и имеет некоторое сходство с идеей о Млечном Пути, которая у него тогда сформировалась.

Примечание 45. Страница 36

Это расстояние в 2000 единиц=расстояниям Сириуса никоим образом не согласуется с величиной туманности, которую Гершель предполагает превышающей величину Млечного Пути. Действительно, наименьший диаметр сечения нашего Млечного Пути должен был бы быть помещен на расстоянии в 6000 единиц, чтобы представлять видимое протяжение в 1°30′, которое мы наблюдаем в туманности Андромеды [121].

Примечание 46. Страница 36

Гершель здесь направляет внимание на исследование параллакса планетарных туманностей. Действительно, ясно, что всякий звездный объект ощутимого видимого диаметра должен быть либо телом огромного размера, либо телом, расположенным особенно близко. Это соображение, которое, равным образом, мне неоднократно сообщал Ольберс, побуждает нас к тщательному исследованию параллаксов планетарных туманностей; эта работа начата уже с помощью большого телескопа центральной обсерватории г-ном О. Струве.

Примечание 47. Страница 36

Вот два отрывка из мемуара 1785 г., относящихся к границам Млечного Пути.

«It is true, that it would not be consistent confidently to affirm that we were on an island unless we had actually found ourselves every where bounded by the ocean». («Конечно, не следовало бы утверждать, что мы находимся на острове, если бы мы не узнали, что океан окружает нас со всех сторон»).

«From these considerations it appears again highly probable, that my present telescope, not shewing such a nebulosity in the milky way, goes already far beyond its extent». («Из этих соображений кажется весьма вероятным, что так как

мой современный телескоп не показывает такой туманности в Млечном Пути, он уже далеко вышел за его границы»).

Позже мы увидим, как преобразилось потом это убеждение.

Примечание 48. Страница 37

В нашей коллекции мемуаров Гершеля находится рукописное примечание автора сбоку от обозначения звезды ζ Большой Медведицы (III, 2, каталога 1782 г.), которое дает 9 апреля 1774 г. как дату наблюдения расстояния и позиционного угла. Кажется, это первое наблюдение Гершеля, которое он опубликовал. Два последних микрометрических измерения двойных звезд, сделанных Гершелем, которые я нашел в его публикациях, это наблюдение ε Лиры и δ Лебедя от 29 мая 1804 г. (в мемуаре «Continuation of an Account of the Changes etc». [[122]]). Каталог 145 новых двойных звезд, опубликованный в 1821 г., построен на более ранних наблюдениях, сделанных до 1802 г.

Примечание 49. Страница 38

Вот отрывок из мемуара 1785 г., который выражает соображения автора:

«However I would not be understood to lay a greater stress on these and the following calculations than the principles on which they are founded will permit; and if here after we shall find reason from experience and observation, to believe that there are parts of our system where the stars are not scattered in the manner here supposed, we ought to make proper exceptions». («Однако, я не хотел бы быть понятым так, что я приписываю больший вес этим и следующим вычислениям, чем позволяют принципы, на которых они основаны. И если позднее мы найдем, благодаря опыту и наблюдению, причины, чтобы поверить, что есть части нашей системы, где звезды не распределены предположенным здесь образом, мы должны будем тогда сделать соответствующие исключения»).

Примечание 50. Страница 38

Эти 12 мемуаров следующие:

1. 1786. Catalogue of one thousand new Nebulae and Clusters of Stars. (Каталог тысячи новых туманностей и скоплений).

2. 1789. Catalogue of a second Thousand of new Nebulae etc. (Каталог второй тысячи новых туманностей и скоплений; с некоторыми замечаниями об устройстве неба).

3. 1791. On Nebulous stars properly so called. (О так называемых туманных звездах).

4. 1794. On the Nature and construction of the Sun and fixed Stars. (О природе и устройстве Солнца и неподвижных звезд).

5. 1796. Method of observing the Changes that happen to the fixed Stars etc. (Метод наблюдать изменения неподвижных звезд, с примечаниями об устойчивости света нашего Солнца. Каталог сравнительных интенсивностей звезд).

6. 1799. On the Power of penetrating in Space by Telescopes. (О способности телескопов проникать в пространство).

7. 1802. Catalogue of 500 new Nebulae etc. (Каталог 500 новых туманностей и скоплений звезд, с примечаниями об устройстве неба).

8. 1806. On the Quantity and Velocity of the Solar Motion. (О величине и скорости солнечного движения).

9. 1811. Astronomical observations relating to the construction of the Heavens. (Астрономические наблюдения, относящиеся к устройству неба).

10. 1814. Astronomical observations relating to the sidereal part of the Heavens and its connection with the nebulous part. (Астрономические наблюдения, относящиеся к звездной части неба и ее связи с небулярной частью).

11. 1817. Observations and experiments on the local arrangement of the celestial bodies in space, and to determine the extent of the milky way. (Наблюдения и опыты относительно распределения небесных тел в пространстве и о протяженности Млечного Пути).

12. 1818. Observations and experiments for ascertaining the distances of clusters of stars, and investigating the power of our telescopes. (Наблюдения и опыты для познания расстояний и исследование силы наших телескопов).

Примечание 51. Страница 42

Ясно, что в ту эпоху аргументация Мичелла о физической зависимости двойных и тройных звезд Гершелю не казалась убедительной. Он говорит также в постскриптуме к каталогу 1782 г., что он употребляет выражение двойной звезды

предпочтительно по отношению к словам «Comes» — спутник, сателлит — лишь потому, «что, по его мнению, еще очень рано создавать какую-либо теорию о малых звездах, обращающихся вокруг больших». Этот постскриптум относится к труду Хр. Майера из Маннгейма: «De novis in coelo sidereo Phaenomenis» [123], опубликованному в 1779 г., но о котором Гершель не знал до завершения своего первого каталога двойных звезд. Однако видно, что инициатива исследования двойных звезд у Гершеля была совершенно независима от работы Майера и что удачные, но фантастические спекуляции этого последнего никоим образом не получили бы в эту эпоху одобрения покойного астронома из Слоу.

Примечание 52. Страница 43

Этот принцип стал уже известен Гершелю в 1783 г., в конце его первого исследования собственного движения Солнца, где он говорит: «В настоящее время мы не имеем никакого другого способа, чтобы судить об относительном расстоянии неподвижных звезд, кроме их видимого блеска». В следующем, 1784 г., он заменил его принципом подсчета звезд с помощью черпков. Надо удивляться тому, что Гершель сначала не понял, что расстояния, найденные посредством черпков, противоречат видимому блеску звезд. Уже Мичелл употреблял фотометрическое сравнение звезд, чтобы определить относительные расстояния.

Примечание 53. Страница 44

Согласно Гершелю, аналогия склоняет нас к тому, что другие изолированные звезды сопровождаются планетами, спутниками и большим числом комет, как наше Солнце. Что же до звезд, которые образуют сложные звездные системы, то ему казалось более вероятным противоположное. По этому случаю Гершель высказывает мнение так же о причине собственного движения Солнца в следующих выражениях: «Хотя у нас и есть хорошие доводы, чтобы принять, что наша система не находится в покое, причины этого собственного движения должны быть приписаны скорее возмущениям, производимым действием звезд и соседних систем, чем отнесены за счет периодического обращения вокруг воображаемого удаленного центра» [124].

Примечание 54. Страница 44

Гершель употребляет выражения cluster, clustering collection, clustering power [125]. Г-н Араго считает cluster за разрешимую туманность. Я предпочитаю выражение куча звезд, употребляемое в этом смысле Лакайлем и Мессье и которое соответствует также выражению Sternhaufen [126], уже давно употребляемому немецкими астрономами. Сам Гершель обозначает туманности выражением resolvable nebulae [127], что возбуждает подозрение, что они состоят из звезд; отсюда надо ожидать, что с помощью телескопов, более мощных, чем 20-футовый телескоп, употреблявшийся в обзорах неба, мы увидим их разделенными на отдельные звезды. Все туманности, которые этот телескоп, действительно, разлагает в звезды, для него суть кучи (cluster). Почти невозможно передать живописность выражения «clustering power». Переводя его «силой концентрации», вводят идею о центре сферического тела. Но эта форма не есть общая форма куч; она встречается исключительно лишь в небольшом числе шаровых куч или globular cluster [128].

Примечание 55. Страница 45

Происхождение современного состояния системы мира из предшествовавшего состояния рассеяния хаотической материи есть главный предмет второй части «Естественной истории неба» Канта.

Примечание 56. Страница 45

Если, может быть, есть астрономы, которые рассматривают идеи Гершеля о последовательном преобразовании небулярных масс в звезды как фантастическую экстравагантность их автора и которые коротко объявляют, что всякая туманность есть не что иное, как отдаленная куча звезд, им надо напомнить, что это последнее мнение было еще в точности мнением Гершеля в начале его научной карьеры и что другая идея пришла к нему лишь после того, как он открыл и исследовал 2500 туманностей и звезд.

Примечание 57. Страница 46

Из 30 шаровых куч 16 находятся в Млечном Пути, а 14 — в другом месте. Следовательно, Млечный Путь в 10 раз

богаче шаровыми кучами, чем другие места неба. Но в то же время Млечный Путь беден неразложимыми туманностями; и как раз в областях, соседних с одним из полюсов этого пути, в созвездиях Девы и Волос Вероники, эти туманности находятся в изобилии. Это замечательное обстоятельство кажется мне говорящим наиболее отчетливо за разнородность куч звезд и действительных туманностей [129].

Примечание 58. Страница 46

Подробное перечисление этих нюансов дано в мемуаре 1817 г. Мы видим там, что 8 из этих нюансов принадлежат главной ветви Млечного Пути, 4 — вторичной ветви, а 6 — простому продолжению от α Лебедя до Персея. Наконец, одно темное пятно помещается между α и γ Кассиопеи.

Примечание 59. Страница 47

Мощность, которой обладают телескопы, чтобы проникнуть в пространство, была предметом мемуара 1799 г., озаглавленного «On the Power of penetrating into space by Telescopes» [130] Гершель приписал каждому инструменту проницательную силу p, которая определяется через $p=\sqrt{\frac{S}{s}}$, где S означает сумму лучей света, которые инструмент проводит в глаз, а s — сумма лучей, которые собирает зрачок. Если A есть свободное отверстие зеркала или объектива, a — отверстие зрачка $=0.2$ английского дюйма (по Гершелю) и μ — коэффициент, который выражает отношение между количеством света, падающим на объектив и выходящим из окуляра, мы будем иметь $\frac{S}{s}=\mu\frac{A^2}{a^2}$, следовательно, $p=\frac{A}{a}\sqrt{\mu}$.

В ньютоновском устройстве с маленьким зеркалом, малая ось которого есть b, эта формула приобретает вид

$$p=\sqrt{\mu\frac{A^2-b^2}{a^2}}.$$

Гершель определил μ прямыми опытами над потерей света, которую производит либо отражение, либо прохождение через стекла. Таким образом, он нашел следующие проницательные способности:

	Отверстие в английских дюймах	p	
1. Искатель № 4	0.75	3.56	Простая труба
2. Искатель № 8	1.17	4.30	Ахроматическая труба
3. Маленький метельщик (small sweeper) в 2 фута	4.2	12.84	Отражательные телескопы ньютоновского устройства с маленьким зеркалом
4. Телескоп в 7 футов	6.3	20.25	
5. Большой метельщик (large sweeper) в 5.2 фута	9.2	28.57	
6. Телескоп в 10 футов . . .	8.9	28.67	
7. Малый телескоп в 20 футов	12.0	38.99	
8. Большой телескоп в 20 футов	18.8	61.18 75.08	
9. Большой телескоп в 25 футов	24.0	95.85	Телескопы с фронтальным зрением
10. Большой телескоп в 40 футов	48.0	191.69	

4. Это инструмент, с помощью которого Гершель создал свои два каталога двойных звезд и открыл Уран. Этот инструмент обладал высоким оптическим совершенством, доказанным результатами, которые он дал.

7. Это первый из 20-футовых телескопов, законченный в 1776 г., но, как кажется, редко употреблявшийся.

8. Главный инструмент Гершеля, употреблявшийся при черпках и при sweeps[131] для открытия туманностей; в употреблении с октября 1783 г.; в своем первом ньютоновском устройстве. Позднее инструмент был улучшен введением фронтального рассматривания; в регулярном употреблении с начала 1786 г. Инструмент в этом новом состоянии привел к открытию двух спутников Урана.

9. Гершель лишь изредка употреблял этот инструмент. Время окончания 1798 г. Другой телескоп в 25 футов упоминался как предшествовавший.

10. Большой телескоп, законченный в 1789 г., который немедленно привел к открытию 6-го и 7-го спутников Сатурна.

Гершель в своем исследовании проницательной способности вовсе не рассматривает увеличение $=m$, но он дает верное правило, что, если телескоп должен действовать в свою полную силу, m должно быть больше, чем $\frac{A}{a}$. Для телескопа в 20 футов, употреблявшегося в черпках,

$$A = 18.8 \quad \text{и} \quad a = 0.2; \quad \frac{A}{a} = 94.$$

Следовательно, $m=94$ есть наиболее слабое увеличение, с которым должен применяться этот телескоп. В sweeps и черпках Гершель употреблял всегда $m=157$ (the sweeping power)[132]. Отсюда видно, что при этом виде наблюдений он удовлетворялся сравнительно слабым увеличением; но при довольно большом поле в 15′4″ в диаметре оно благоприятствовало видимости туманностей и самых малых звезд на фоне неба. С другой стороны, это слабое увеличение было причиной того, что урожай очень тесных двойных звезд был в sweeps лишь очень небольшим. Большой урожай этих звезд, который мы собрали в Дерпте и Пулкове, был следствием более сильных увеличений в 198 и 412 раз, соединенных с выдающейся точностью изображений в мюнхенских телескопах [133]. Видимость чрезвычайно слабых звезд в большей части зависит от состояния атмосферы. Должно быть правилом производить исследование объектов, трудных для зрения, только тогда, когда атмосфера допускает точные изображения, т. е. не волнующиеся и не размытые. При этом благоприятном состоянии атмосферы видимость совсем не меняется с увеличением; однако средние увеличения, в общем, являются наиболее выгодными. В большой пулковской трубе увеличение в 412 раз лучше всего показывает слабые звезды, которые исчезают, когда увеличение доводят за тысячу. Но эта последняя сила имеет большую ценность для разложения самых тесных двойных звезд, которые были узнаны при увеличении в 412 раз только благодаря слегка продолговатой фигуре звезды.

Примечание 60. Страница 51

Есть два интересных мемуара г-на Аргеландера, относящихся к блеску звезд, один «De fide Uranometriae Bayeri» [134], опубликованный в 1842 г., и другой «De stella variabili β Lyrae» [135], опубликованный в 1843 г. Большая заслуга первого из этих мемуаров состоит в том, что он разрушил ошибочные идеи, которые господствовали повсеместно, о фотометрическом значении греческих букв, употреблявшихся Байером в его «Uranometria» 1603 г.

Примечание 61. Страница 51

Для фотометрии звезд существует серьезное препятствие в различии цветов звезд. Суждение об интенсивности окра-

шенного света кажется частично субъективным. По некоторому числу опытов я заметил, что большинство немного близоруких лиц видит красноватые звезды сравнительно более слабыми, чем дальнозоркие. Г-н Аргеландер, например, видит три белых звезды хвоста Большой Медведицы, ε, ζ и η, всегда более светлыми, чем α. Я вижу эту последнюю совершенно равной ε и η и даже несколько более яркой, между тем как ζ для меня, по обыкновению, представляется более слабой, чем α, ε и η. Есть, однако, известная переменность в блеске трех звезд хвоста. Первое место принадлежит то ε, то η. Но я вижу также ζ готовой оспаривать это место у двух других. Есть лица, которые нечувствительны к различию цветов звезд. Я думаю, что они видят красноватые звезды еще более слабыми. Пользуясь очками, близорукие изменяют суждение. Г-н Петерс едва видит β Малой Медведицы, которая интенсивно красного цвета, в то время как он очень хорошо различает Полярную, которая лишь немного желтовата. Но с очками разница для него исчезает. Указанное обстоятельство мне кажется в равной степени затруднительным для экспериментов, сделанных с каким-нибудь фотометрическим прибором, а также для тех, которые делаются невооруженным глазом. Различие цветов Арктура и Лиры поразительно, и я сомневаюсь, чтобы фотометрия могла бы когда-нибудь решить, какая из двух звезд самая яркая [136].

Примечание 62. Страница 53

Мемуар, опубликованный в 1844 г., «Об изменяемости собственного движения неподвижных звезд» (Astronomische Nachrichten, № 514—516 [137]) является одним из последних, которыми великий кенигсбергский астроном обогатил науку, и трудом, в равной мере замечательным глубиной теории и новым приложением богатых материалов, которые ему доставили его наблюдения и его вычисления. Бессель доказал, что сравнение положений из «Tabulae Regiomontanae» [138] со склонениями Проциона и прямыми восхождениями Сириуса, пронаблюденными после 1820 г., обнаруживает возрастающие разности. Но такое сравнение должно всегда приводить к разностям, по видимости большим. Склонения в «Tabulae Regiomontanae» основаны на положениях, наблюденных в 1755 и 1820 гг.; влияние ошибок, которые имели место в этих двух основных положениях, на сравнение

с положением 1844 г. увеличивается в пропорции 65 к 89. Поэтому если в результате какой-нибудь серии сравнений между наблюденными местами и таковыми из таблиц хотят достигнуть строгого суждения, то представляется необходимым исследовать, насколько изменения собственного движения, предполагаемого в таблицах, достаточно, чтобы уменьшить разности, и рассматривать остающиеся тогда ошибки как действительные показатели неточности собственного движения. Этим путем я подверг цифры, данные Бесселем, новому вычислению, которое привело меня к следующему заключению. Наблюдения Проциона не говорят ничего достоверного или даже вероятного о неправильности собственного движения этой звезды по склонению. Наблюдения Сириуса, напротив, кажется, указывают на аномалию в прямом восхождении, которое заслуживает полного внимания, без того, однако, чтобы решить вопрос. При этих обстоятельствах кажется наиболее пригодным основать новое вычисление на сравнении прямых восхождений этой звезды и других соседних и достаточно ярких звезд того же самого созвездия, которые находятся в «Fundamenta» [67], в каталогах Пиацци и Понда, добавляя к ним новые наблюдения для современной эпохи (см. заключительное примеч.).

Примечание 63. Страница 53

Гершель, Treatise on astronomy [139], 1833 г., стр. 415, примечание.

Примечание 64. Страница 54

Мы упомянем здесь обсерваторию Цинциннати в Америке, широта 39°5′, которая обладает телескопом с отверстием почти в 12 английских дюймов, сделанным в Мюнхене г-ми Мерцом и Малером и установленным параллактически. Астроном г-н Митчелл уже предпринял обзор зоны, расположенной к югу от —15° склонения, где оканчивается дерптский каталог двойных звезд. Окончание этого труда несомненно даст нам значительное количество сложных звезд, неизвестных до сего времени. Одним из первых открытий г-на Митчелла было то, что Антарес есть двойная звезда. Надо весьма пожелать, чтобы подобный инструмент был бы, наконец, установлен на мысе Доброй Надежды для постоянной деятельности, направленной, в особенности, на двойные звезды, туманности и на появление комет в южном полушарии.

Примечание 65. Страница 56

Эти цифры извлечены из письма сэра Дж. Гершеля, датированного 27 декабря 1846 г.

Примечание 66. Страница 56

Второе испытание большого числа звезд, содержащихся в нашем предварительном каталоге, построенном на основании такого просмотра, показало, что, в общем, звезды, скажем, 7-й величины более слабы в окрестностях полюса Млечного Пути, чем вблизи от этого светящегося следа. Тот же результат обнаруживается в микрометрических измерениях двойных звезд нового каталога, выполненных г-ном О. Струве.

Примечание 67. Страница 57

Вот название труда, который должен выйти из печати:

Positiones mediae stellarum fixarum in Zonis Regiomontanis a Bessellio inter —15 et +15° declinationis obsetvatorum, ad annum 1825 reductae et in catalogum ordinarae, auctore M. Weisse. Jussu Academiae Imperialis Petropolitanae edit, curavit et praefatus est F. G. W. Struve. Petropoli, 1846.4° [140]. Предисловие (50 страниц) с тремя литографиями.

Примечание 68. Страница 57

Сравнение тождественных положений бесселевского каталога и каталога «Истории неба» совершается легко с помощью прецессии с вековым изменением, данной г-ном Вейссе. У каждой звезды, которая дает разность двух положений, редуцированных к одной и той же эпохе, бóльшую, чем $\sqrt{\varepsilon^2+\eta^2}$ (где ε и η обозначают вероятные ошибки положений), следует подозревать собственное движение. Но так как положения основаны обычно на отдельных наблюдениях и, благодаря этому, подвержены ошибкам, надо установить эти собственные движения новым наблюдением. В предисловии к каталогу я дал, по вычислениям г-на Вейссе, вероятные ошибки бесселевских положений, выведенные из одного отдельного наблюдения, равными $0^s\!.15$ в прямом восхождении и $1''\!.0$ в склонении. Будет интересно сравнить с этими вероятными ошибками положения «Истории неба».

Примечание 69. Страница 57

Величины, указанные Гершелем, идут от 1-й до 9-10 = = 9.5. Есть лишь 3 звезды 10-й величины, которые мы должны были исключить. В общем, промежуточные величины, как 7-8 = 7.5 и т. д., гораздо менее часты у Бесселя, чем соседние целые числа, 7 и 8. Мы сосчитали, например, что в Зоне есть 2000 звезд — 7-й величины, 801 — 7.5 и 5977 звезд — 8-й величины. Это потому, что Гершель старался, в общем, давать звездам величину, выраженную в целых числах, и что он употреблял промежуточную цифру лишь в случае нерешительности суждения. Отсюда следует, что надо прибавить половину звезд 7.5 к классу звезд 7-й величины, а другую половину к классу звезд 8-й величины, чтобы иметь сумму звезд в различных классах яркости, выраженных в целых числах.

Примечание 70. Страница 58

Вот результат моих сравнений величин, по Пиацци и Бесселю, основанный на 2339 звездных сравнениях.

4.24	B. =	4.12	P.	B.—P.	=	+0.12
4.78	» =	4.50	»	»	=	+0.28
5.29	» =	5.00	»	»	=	+0.29
5.76	» =	5.37	»	»	=	+0.39
6.30	» =	5.91	»	»	=	+0.39
6.66	» =	6.38	»	»	=	+0.28
7.03	» =	6.92	»	»	=	+0.11
7.47	» =	7.50	»	»	=	—0.03
7.95	» =	7.96	»	»	=	—0.01
8.46	» =	8.39	»	»	=	+0.07

Для обозначений Бесселя и г-на Аргеландера я нашел, сравнением 800 общих звезд, В — А = 0.65; т. е. «Уранометрия» г-на Аргеландера, содержащая величины от 1 до 6 А, представляет звезды от 1 до 6.65 Б.

Примечание 71. Страница 60

Нам нужно решить задачу исчисления вероятностей, которая состоит в следующем. Предположим, что в методе наблюдения, использованном в бесселевских зонах на той же доле небесного свода, мы имеем в:

порядке блеска μ число наблюденных звезд r
» » μ' » » » r'

и что число существующих звезд порядка μ будет известно и $=z$. Ищут число $=z'$ звезд порядка μ', существующих на той же доле небесного свода, зная, что:

среди r наблюденных звезд порядка μ	среди r' наблюденных звезд порядка μ'		
есть a	a'	звезд, наблюденных	1 раз
» b	b'	» »	2 раза
» c	c'	» »	3 »
» d	d'	» »	4 »
» e	e'	» »	5 раз

Я нашел следующее решение. Положим

$$a + 2b + 3c + 4d + 5e = f, \quad a' + 2b' + 3c + 4d' + 5e' = f',$$
$$b + 3c + 6d + 10e = g, \quad b' + 3c' + 6d' + 10e' = g',$$

мы имеем

$$z' = z\left(\frac{f'}{f}\right)^2 \frac{g}{g'}.$$

Примечание 72. Страница 63

Эти радиусы были получены следующим образом. В двух соединенных богатых областях нашей Зоны есть: 144 звезды величин от 1-й до 5-й A; 398 звезд величин от 1-й до 6-й A; 1665 звезд величин от 1-й до 7-й B; 6646 звезд величин от 1-й до 8-й B; 24 250 — величин от 1-й до 9-й B. Отсюда мы выводим следующие радиусы:

$$\sqrt{\frac{144}{398}}, \quad 1, \quad \sqrt[3]{\frac{1665}{398}}, \quad \sqrt[3]{\frac{6646}{398}}, \quad \sqrt[3]{\frac{24\,250}{398}},$$
$$0.7126, \quad 1.0000, \quad 1.6113, \quad 2.5560, \quad 3.9350.$$

Для крайнего радиуса звезд 6-й B мы имеем $\sqrt[3]{\frac{352}{398}} = 0.9599.$

Все эти радиусы, однако, неполноценны, потому что предположение о распределении, пропорциональном пространству, нестрого даже для богатых областей. Однако найденные цифры достаточно точны потому, что полный анализ, основанный на действительном законе распределения звезд, позднее даст нам для крайнего радиуса звезд 9-й B 4.2531 вместо 3.9350.

Примечание 73. Страница 76

Для подробного исследования Млечного Пути кажется необходимым иметь более полные материалы, которых сейчас нет. Во всяком случае, надо подождать публикации работ сэра Дж. Гершеля об явлениях южного неба.

Примечание 74. Страница 76

20-футовый телескоп Гершеля показывает в своем круглом поле в 15′4″ диаметром каждый раз одну 832979-ю часть небесного свода. Гершель в своих 3400 опубликованных черпках, соединенных в 683 кратных черпка, исследовал лишь одну 250-ю часть неба, и надо согласиться, что полное исчерпывание неба превышает человеческие силы. Предположим, что можно сделать в течение 100 ночей года каждую ночь 100 черпков; то и тогда потребуется не менее 83 лет, чтобы вычерпать все небо. Действительно, 3400 черпков Гершеля образуют один из его наиболее смелых трудов, и, как мы увидим, их достаточно, чтобы привести нас к важным результатам.

Примечание 75. Страница 76

Вот каким способом я пришел к оценке этих чисел. Г-н Леббок в своем небесном атласе «The stars in 6 maps by J. W. Lubbock» (London, 1836, Fol)[141] дал очень тщательное представление Млечного Пути, по большей части, в границах, указанных Волластоном. Сравнив черпки Гершеля с этими картами, мы можем отделить черпки, которые относятся к наиболее сгущенным, или видимым невооруженным глазом, частям Млечного Пути. Я проделал эту работу для доли неба, расположенной между —30 и +30° склонения, отбросив небольшое число более северных черпков.

1. Со стороны 6^h я нашел 49 кратных черпков видимого Млечного Пути, которые дают сумму 4042 звезд или, в среднем, 82.5 звезды на поле. Со стороны 18^h в главной ветви есть 73 кратных черпка с 10 612 звездами, а во вторичной ветви 29 кратных черпков с 5865 звездами, или всего 102 черпка с 16 477 звездами; это дает среднюю в 161.5 звезд на поле. Комбинируя эти две средних, согласно указанному принципу, я получил окончательное число в 122.0 звезды, данное в тексте. Есть весьма значительная разница между двумя сред-

ними: 82.5 со стороны 6^h и 161.5 со стороны 18^h, которая указывает на более сильное сгущение с этой последней стороны, что мы уже упомянули выше на стр. 75. Мы видим также, что отдельные числа со стороны 6^h согласуются между собой более, чем со стороны 18^h. Действительно, там максимум отдельного поля равен 204, здесь, напротив, он равен 588. Отсюда следует, что Млечный Путь гораздо более однороден в своем ординарном течении, чем в двух ветвях, разделяющихся со стороны 18^h, где стремление к скоплению (the clustering power) настолько сильно, что производит даже раздвоение. Интересно узнать также среднее обилие звезд в промежутке между двумя разделенными ветвями Млечного Пути со стороны Орла. Я насчитал там 29 черпков Гершеля, которые дают среднюю цифру в 60.5 звезд на одно поле; это доказывает, что эта часть еще имеет заметное обилие звезд и что две ветви не разделены почти пустым пространством. Среднее число $=122.0$, которое я считаю соответствующим $\varphi=0$ [142], можно считать слишком малым, потому что оно было выведено не при помощи черпков, которые относятся в точности к плоскости наибольшего сгущения, но с помощью таких, которые принадлежат к видимому Млечному Пути. Заметим, однако, что совсем близко от максимума изменение плотности должно быть небольшим и что, кроме того, возможно, и даже вероятно, что Гершель предпочтительно выбирал наиболее богатые поля, которые должны были в его системе дать ему искомые крайние пределы Млечного Пути.

2. Чтобы найти среднее значение z, которое соответствует $\varphi=15^\circ$, я взял черпки, расположенные на расстоянии от 10 до 20° от средней линии Млечного Пути. 33 черпка со стороны 6^h дали $z=25.53$ с вероятной ошибкой 1.37. Другие 23 черпка со стороны 18^h дали $z=35.06$ с вероятной ошибкой 1.50. Я взял здесь от 10 до 20°, отправляясь от средней линии каждой ветви, для одной с западной стороны и для другой с восточной. Окончательное значение, выведенное из двух средних, есть $z=30.30\mp1.01$.

3. Я нашел 34 черпка на расстоянии между 25 и 35° от Млечного Пути, которые для $\varphi=30^\circ$ дали значение

$$z=17.68\mp0.95.$$

4. 48 черпков на расстоянии между 40 и 50° от Млечного Пути дали для $\varphi=45^\circ$ среднее $z=10.36\mp0.47$.

5. Наконец, 18 черпков на расстоянии между 55 и 65° от Млечного Пути дают нам для $\varphi = 60°$ $z = 6.52 \mp 0.22$. Имеется замечательное согласие между различными черпками на этих больших расстояниях от Млечного Пути, и вероятная ошибка одного отдельного черпка есть лишь 0.93.

Примечание 76. Страница 76

Форма выражения

$$z = \frac{A + B\cos 2\varphi + C\cos 4\varphi}{1 + \beta\cos 2\varphi + \gamma\cos 4\varphi}$$

не произвольная, так как может содержать только $\cos 0\varphi$, $\cos 2\varphi$, $\cos 4\varphi$ и т. д. для того, чтобы дать 5 тождественных значений для $\varphi = x$, $180° - x$, $180° + x$ и $360° - x$ и, прежде всего, чтобы дать максимум для $\varphi = 0°$ и минимум для $\varphi = 90°$.

Примечание 77. Страница 77

Вот таблица числа z звезд, видимых в поле трубы, вычисленного по формуле текста для различных φ, от $\varphi = 0°$ до $\varphi = 90°$.

φ	z	Разность	φ = 0	z	Разность
0°	122.0	11.3	20°	25.4	4.2
1	110.7	21.2	25	21.2	3.5
2	89.5	17.6	30	17.7	2.9
3	71.9	11.8	35	14.8	2.5
4	60.1	7.7	40	12.3	1.9
5	52.4	5.1	45	10.4	1.6
6	47.3	3.7	50	8.8	1.3
7	43.6	2.8	55	7.5	1.0
8	40.8	2.1	60	6.5	0.8
9	38.7	1.8	65	5.7	0.6
10	36.9	1.6	70	5.1	0.4
11	35.3	1.3	75	4.7	0.3
12	34.0	1.4	80	4.4	0.2
13	32.6	1.1	85	4.2	0.1
14	31.5	1.2	90	4.1	
15	30.3	1.0			
16	29.3	1.1			
17	28.2	0.9			
18	27.3	0.9			
19	26.4	0.9			

Наиболее быстрое изменение z имеет место совсем близко от $\varphi = 2^\circ$. Повидимому, это обстоятельство объясняет, почему Млечный Путь кажется невооруженному глазу имеющим лишь сравнительно небольшую ширину, очень близкую к 4°.

Примечание 78. Страница 77

Здесь надо вдаться в подробности того, как были получены эти числа. Имея выражение z, полное число φ звезд, заключенных между двумя большими полукругами, которые пересекаются в полюсе Млечного Пути под углом в $15' 4''$, получается из выражения

$$\zeta = \frac{8}{\pi} \int\limits_{\varphi=0}^{\varphi=90^\circ} z \cos \varphi d\varphi.$$

Умножая ζ на коэффициент $\mu = \frac{360^\circ}{15'4''}$, получаем сумму звезд небесного свода $Z = \mu\zeta$. Но, так как прямое интегрирование $z \cos \varphi \, d\varphi$ почти неосуществимо, я следующим образом использовал механические квадратуры. Пусть

Для аргументов	Функция	Ряд последовательных разностей					
		I	II	III	IV	V	VI...
$s = A$	$\varphi s = \alpha$						
$s' = B$	$\varphi s' = \beta$	b	c	d	e	f	g...,

где все разности должны быть помещены на промежуточную горизонтальную строчку, по обозначению Бесселя (Astr. Nachr., том II, стр. 138). Тогда мы будем иметь

$$\int\limits_{s=A}^{s=B} \varphi s ds = (B - A)\left(\frac{\alpha + \beta}{2} - \frac{1}{12} c + \frac{11}{720} e - \frac{191}{84720} g\right).$$

Эта формула соответствует наиболее выгодной интерполяции, данной, по г-ну Гауссу, в Берлинских эфемеридах на 1830 г. Она находится также в эфемеридах на 1837 г., стр. 264.

Примечание 79. Страница 77

Эта формула основывается на следующем анализе. Рассмотрим прямой конус, вершина которого находится в глазу, расположенном в главной плоскости Млечного Пути, а круглое основание которого радиуса $= d\varphi$ находится на поверхности сферы, заключающей видимые звезды; ось конуса составляет угол φ с главной плоскостью.

Доля конуса, которая заключена между двумя плоскостями, параллельными главной плоскости и которые находятся на расстоянии между x и $x+dx$ от этой плоскости, имеет объем $\frac{\pi x^2\, dx\, d\varphi^2}{\sin\varphi^3}$ и содержит, если ρ выражает плотность слоя между x и $x+dx$, число звезд $=$

$$\rho\,\frac{\pi x^2\, dx\, d\varphi^2}{\sin\varphi^3}.$$

Но полное число звезд во всем конусе, если $d\varphi = 7'32''$, по примеч. 76, есть

$$z = \frac{A + B\cos 2\varphi + C\cos 4\varphi}{1 + \beta\cos 2\varphi + \gamma\cos 4\varphi},$$

откуда выводится следующее уравнение:

$$\frac{\pi\,(452'')^2}{\sin\varphi^3}\int\limits_{x=0}^{x=\sin\varphi}\rho x^2\,dx = \frac{A + B\cos 2\varphi + C\cos 4\varphi}{1 + \beta\cos 2\varphi + \gamma\cos 4\varphi} =$$

$$= \frac{\alpha + b\sin^2\varphi^2 + C\sin\varphi^4}{\alpha' + b'\sin\varphi^2 + C'\sin\varphi^4}.$$

Мы положили здесь

$$a = A + B + C, \qquad b = -2B - 8C, \qquad c = 8C,$$
$$a' = 1 + \beta + \gamma, \qquad b' = -2\beta - 8\gamma, \qquad c' = 8\gamma.$$

Отсюда следует

$$K\int\limits_{x=0}^{x=\sin\varphi}\rho x^2\,dx = \frac{a\sin\varphi^3 + b\sin\varphi^5 + c\sin\varphi^7}{a' + b'\sin\varphi^2 + c'\sin\varphi^4} = \frac{ax^3 + bx^5 + cx^7}{a' + b'x^2 + c'x^4},$$

потому что $x = \sin\varphi$.

Беря дифференциалы от обеих частей, мы имеем

$$K\rho x^2\,dx = d\left(\frac{ax^3 + bx^5 + cx^7}{a' + b'x^2 + c'x^4}\right).$$

Произведенное дифференцирование приводит к следующему выражению для $\rho = 1$, учитывая еще, что оно должно дать $\rho = 1$ для $x = 0$

$$\rho = \frac{1 + \frac{1}{3}(52 + \lambda)x^2 + \frac{1}{3}(7m - \mu + 3l\lambda)x^4 + \frac{1}{3}(l\mu + 5m\lambda)x^6 + m\mu x^8}{(1 + \lambda x^2 + \mu x^4)^2};$$

В этой формуле мы положили

$$l = -\frac{2B + 8C}{A + B + C}, \qquad m = \frac{8C}{A + B + C},$$

$$\lambda = -\frac{2\beta + 8\gamma}{1 + \beta + \gamma}, \qquad \mu = \frac{8\gamma}{1 + \beta + \gamma}.$$

Наконец, беря

$$A = +6.5713;\quad B = -5.03;\quad C = -1.39;$$
$$\beta = -1.23088,\quad \gamma = +0.23212,$$

мы приходим к формуле для ρ, которая дается в тексте.

Примечание 80. Страница 78

Если бы выражение для z было строгим, равным образом была бы строга и формула для ρ. Во всяком случае, первое, так как оно представляет 5 наблюденных значений z от $\varphi = 0°$ до $\varphi = 60°$, не может существенно отклоняться от истины для промежуточных z, и поэтому я рассматриваю также значения плотностей ρ как удовлетворительное приближение к действительности; однако я не претендую на то, что более полные материалы не дадут в один прекрасный день некоторые исправления. За пределом $x = 0.8660$, соответствующим $\varphi = 60°$, ρ, найденные по формуле, не имеют больше реального значения; и, в действительности, мы находим уже небольшое отрицательное значение $\rho = -0.008092$ для $x = 1$, что невозможно. Итак, ясно, что если для $\varphi = 60°$ мы имеем $z = 6.52$, z для направления полюса должно быть больше, чем $6.52 \sin^3 60° = 4.235$. Наша формула дает $z = 4.15$ для $\varphi = 90°$, и она требует лишь чрезвычайно небольшого изменения, чтобы сделать ρ положительными вплоть до $x = 1.0$. Надо весьма сожалеть, что черпки Гершеля недостаточны, чтобы дать точное число звезд, видимых в поле, в направлении полюса.

Примечание 81. Страница 79

Надо надеяться, что большие телескопы лорда Росса решат этот вопрос [143].

Примечание 82. Страница 79

Чтобы найти числа, соответствующие максимуму сгущения, я поступил следующим образом. Рассматривая часы V, VI, VII и XVII, XVIII, XIX нашей Зоны по картам г-на Леб-

бока, я нашел, что они различным образом заполнены видимым Млечным Путем, и я сосчитал число a квадратных градусов, заполненных видимым Млечным Путем, и число b квадратных градусов тех часов, которые находятся вне видимого Млечного Пути. Таким образом, принимая во внимание цифры таблицы на стр. 62, я получил:

Для часа	a	b	Число звезд от 1-й до 7-й	Число звезд от 1-й до 8-й
V	30	420	216	815
VI	299	151	256	1104
VII	76	374	167	761
XVII	109	341	225	713
XVIII	232	218	237	1040
XIX	129	321	222	843

Комбинируя часы V и VII, и XVII и XIX для звезд величин от 1-й до 7-й и сравнивая их средние с часами VI и XVIII, я установил следующие соотношения:

1) $191.5 + 397x = 256 + 151x$, что дает $x = 0.2622$;
2) $223.5 + 331x' = 237 + 218x'$, » » $x' = 0.1195$,

откуда вытекает

$$m = 256 + 151x = 296 \text{ для VI часа}$$
$$m' = 237 + 218x' = 263 \text{ » XVIII »}$$

Среднее 279

Я принимаю эту цифру за число звезд, которое содержал бы один час нашей Зоны, если бы он был целиком заполнен Млечным Путем, видимым невооруженным глазом.

Я вычислил таким же образом также максимум для звезд от 1-й до 9-й, который я нашел равным 4983.

Примечание 83. Страница 79

Чтобы получить эти числа, я вычислил угловое расстояние φ точки в середине каждого часа от большого круга Млечного Пути, полюс которого находится в $\alpha = 12^h38^m$ и $\delta = +31^\circ.5$. Тогда, соединяя числа звезд для часов, имеющих угловые расстояния φ, наиболее близкие между собой, и беря средние этих расстояний и чисел звезд, я нашел числа, приведенные в тексте. Я согласен, что эти числа не вполне точны; но, однако, они почти настолько точны, насколько это позволяют местные аномалии в распределении звезд.

Примечание 84. Страница 80.

В этих формулах надо определить 3 неизвестных. Так как 4 значения z даны наблюдениями, я представил в каждой группе точное число максимума и по методу наименьших квадратов возможно более точно три других числа. Я дам здесь сравнение между наблюденными и вычисленными числами звезд, присоединив сюда число, вычисленное для $\varphi = 90°$.

φ	Звезды от 1-й до 7-й		Звезды от 1-й до 8-й	
	наблюд.	вычисл.	наблюд.	вычисл.
0°	279	279	1422	1422
25°14′	177	171	637	618
37 5	141.5	144	500	516
52 53	131	131	468	465
90 0		123		437

Примечание 85. Страница 81

Для радиуса = 1 площадь круга, описанного радиусом в 7′32″, есть $s = \pi \sin^2 452''$, а площадь одного часа прямого восхождения от −15° до +15° склонения $S = \frac{\pi \sin 15°}{6}$. Отсюда $\frac{S}{s} = \frac{\sin 15°}{6 \sin^2 452''} = 8982.948$.

Умножая эту цифру на 122.00 = числу звезд, содержащихся в поле трубы, направленной к середине Млечного Пути, мы получаем произведение 1 095 920.

Примечание 86. Страница 83

В этом исследовании я отправляюсь от плотностей ρ'', данных формулой VI на стр. 80, которая дает нам распределение звезд от 1-й до 8-й В. Ниже [на стр. 151] дана таблица плотностей последовательных слоев, вычисленных по этой формуле.

Так как экватор пересекается главной плоскостью под средним углом в 58° 30′, плотности ρ'', соответствующие пер-

Расстояние от главной плоскости x''	Плотность ρ''	Расстояние от главной плоскости x''	Плотность ρ''
0.00	1.0000	0.55	0.3174
0.05	0.9459	0.60	0.3097
0.10	0.8185	0.65	0.3036
0.15	0.6797	0.70	0.2989
0.20	0.5659	0.75	0.2951
0.25	0.4835	0.80	0.2920
0.30	0.4267	0.85	0.2895
0.35	0.3877	0.90	0.2874
0.40	0.3607	0.95	0.2855
0.45	0.3416	1.00	0.2841
0.50	0.3278		

пендикулярным расстояниям x'', относятся к расстояниям $\eta = x'' : \sin 58^\circ 30'$, отложенным в плоскости экватора. Масса всего пространства зоны для радиуса $=1$ теперь будет

$$M = K \int\limits_{\eta=0}^{\eta=1} \rho''(1-\eta)^{\frac{1}{2}}(1+\eta)^{\frac{3}{2}};$$

а масса части этого пространства, соответствующего радиусу $= r$, будет

$$m = K \int\limits_{\eta=0}^{\eta=1} \rho''(1-\eta)^{\frac{1}{2}}(1+\eta)^{\frac{3}{2}};$$

и надо найти значение η, которое дает $m = \frac{1014}{14\,460} M$. Эта задача лучше всего решается косвенным путем и использованием механических квадратур. Таким способом я нашел значение $\eta = 0.35712$, данное в тексте.

Примечание 87. Страница 83

Что до промежуточных классов, которые находятся в «Уранометрии», то, чтобы иметь величины в целых числах, я прибавил звезды 1.2-й величины к звездам 1-й, звезды 2.1-й и 2.3-й к звездам 2-й и т. д. Если мы сравним числа звезд северного полушария с числами большой зоны, которая

идет от северного полюса до —36° склонения, мы имеем в полусфере до —36°:

	Величины					
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я А
a	9	34	96	214	550	1439
b	14	51	153	325	810	1874
$\frac{b}{a}$	1.555	1.500	1.594	1.519	1.473	1.303

$\frac{b}{a}$ почти постоянно вплоть до 5-й А, лишь незаметно уменьшаясь, но для звезд 6-й А $\frac{b}{a}$ гораздо меньше; это доказывает, что пары горизонта скрывают для глаза довольно значительную часть, около 4 десятых, южных звезд, в особенности шестой величины, что и следовало ожидать. Этот последний факт выражается еще определеннее, если мы заметим, что «Уранометрия» представляет нам всего

1328 звезд 1-й до 6-й А от 0 до +36° склонения,
но только 882 звезды » » » » » » » —36 »

Эти два числа должны были бы быть равны при отсутствии влияния близости горизонта. Потому что по закону распределения звезд в пространстве, который мы установили, число звезд той же величины тождественно для двух зон одинаковой ширины, расположенных по обе стороны одного большого круга. Мы приходим, следовательно, к важному заключению, что «Уранометрия» г-на Аргеландера является точным представлением неба, видимого невооруженным глазом, только для северного полушария и что в южной части, которую она содержит, в ней отсутствует почти 4 десятых числа звезд, которые должны были бы быть видимы при значительном возвышении этих частей неба над горизонтом. Мы надеемся, что прекрасная работа г-на Аргеландера скоро станет полной благодаря аналогичной работе, исполняемой на мысе Доброй Надежды.

Примечание 88. Страница 83

Если в сфере плотности таковы, что максимум имеет место в главной плоскости, которая проходит через центр, и если плотность одинакова для двух слоев, параллельных этой плоскости и равностоящих от двух сторон плоскости,

масса полушария всегда есть половина полной массы, каково бы ни было положение плоскости, которая ее разрезает.

Пусть M есть масса сферы звезд от 1-й до 6-й величины, радиус которой $=1$. Мы будем иметь

$$M=K\int\limits_{\theta=0}^{\theta=1}(1-\theta^2)\rho'''d\theta,$$

если θ есть расстояние слоя от главной плоскости, выраженное в частях радиуса, и ρ''' — плотность, которая соответствует этому расстоянию. ρ''' можно найти, если отыскать с помощью формулы VI на стр. 80 ρ'', соответствующие $x''=0.35712\ \theta$; или ρ'', данные в примеч. 86, тождественны с ρ''' для $\theta=2.8000x''$. Масса другой концентричной сферы меньшего радиуса $=r$ будет теперь $m=K\int\limits_{\theta=0}^{\theta=r}\rho'''(r^2-\theta^2)\,d\theta$; задача, которую надо решить, состоит в нахождении радиуса r, который дает требуемое значение дроби $\frac{m}{M}\cdot$ Ясно, что наиболее удобно решение производится косвенным способом и также употребляя механические квадратуры. Мы имеем, например, число звезд от 1-ой до 6-й на полушарии $M=2432$, число звезд от 1-й до 5-й А $m=139$. Механической квадратурой я нашел для целой сферы $\frac{M}{K}=0.49275$. Принимая теперь $r=0.35$, я пришел тем же способом к $\frac{m}{k}=$ $=0.026807$. Отсюда следует, что сфера этого радиуса заключает

$$\frac{0.026807}{0.49275}\cdot 2342=127.50 \text{ звезд.}$$

Это число слишком мало, так как оно должно быть равно 139. Приняв поэтому $r=0.35\sqrt[3]{\frac{139}{127.5}}=0.36022$, мы получим достаточное приближение. Если вычисленное число 127.5 слишком отклоняется от наблюденного числа, надо сделать вторую гипотезу.

Примечание 89. Страница 84

Радиус сферы звезд 6-й В основывается на числе 825 звезд от 1-й до 6-й В в нашей экваториальной Зоне, сравненном с числом 1014 звезд от 1-й до 6-й А.

Примечание 90. Страница 84

С расстояниями d, которые мы нашли, приняв надлежащим образом во внимание узнанный закон сгущения, интересно сравнить расстояния d', которые были вычислены с помощью тех же подсчетов, но в предположении равного распределения звезд в пространстве. Вот сравнительная таблица.

	d	d'
1 A	0.1424	0.1826
2 A	0.2413	0.2638
3 A	0.3602	0.3901
4 A	0.5001	0.5322
5 A	0.6993	0.7278
6 A	1.0000	1.0000
6 B	0.9260	0.9314
7 B	1.6271	1.5672
8 B	2.8001	2.4251
9 B	4.2531	3.7201
H	25.672	17.903

Число 17.903 есть $\sqrt[3]{\frac{5819000}{1014}}$ (см. «Catalogus Regiomontanus», стр. XXXIII и XLII). Различие двух рядов делается наиболее очевидным при посредстве дробей $\frac{25.672}{0.1424}=180.4$ и $\frac{17.903}{0.1826}=98.0$.

Отсюда видно, что эффективное расстояние последних гершелевских звезд, измеренное в радиусах звезд первой величины, действительно почти вдвое больше расстояния, которое вычислено в гипотезе правильного распределения звезд в пространстве.

Примечание 91. Страница 85

Во введении к «Catalogus Regiomontanus» на стр. XXXVIII я назвал расстояние, которое соответствует этому определению, вероятным расстоянием p, сохраняя термин среднего расстояния $=m$ за средним арифметическим всех существующих расстояний звезд одного класса. Если мы обозначим через r и R два радиуса сферических поверхностей, которые отделяют какой-нибудь класс от двух соседних классов, мы найдем для m следующее выражение:

$$m = \frac{2\int\limits_{x=0}^{x=R}\left(\int\limits_{y=0}^{y=\sqrt{R^2-x^2}} y\rho\sqrt{x^2+y^2}\,dy\right)dx - 2\int\limits_{x=0}^{x=r}\left(\int\limits_{y=0}^{y=\sqrt{r^2-x^2}} y\rho\sqrt{x^2+y^2}\right)dx}{\int\limits_{x=0}^{x=R}(k^2-x^2)\rho dx - \int\limits_{x=0}^{x=r}(r^2-x^2)\rho dx}.$$

В этой формуле ρ есть еще функция x (см. примеч. 79). Она означает плотность в слое, который находится на расстоянии $=x$ от главной плоскости. Понятно, что численное вычисление по этой формуле, которое пока можно сделать лишь по способу механических квадратур, будет очень пространным. Но вывод значений m не имеет больше особого интереса, после того как мы узнали, что равномерного распределения звезд не существует. В самом деле, среднее расстояние совокупности звезд одного класса не является средним расстоянием звезд того же класса, которые находятся на некоторой части небесного свода [144]. Наконец, разность между p и m достаточно мала, что позволяет употреблять одно вместо другого.

Примечание 92. Страница 87

Я опускаю анализ вычисления этого расстояния, который основывается на предыдущих формулах, дающих массы, и на плотностях, найденных согласно формуле VI на стр. 80.

Примечание 93. Страница 87

«Ueber die Durchsichtigkeit des Weltraums von H. Dr. Olbers», мемуар, датированный 7 марта 1823 г. и опубликованный в «Bode's Jahrbuch» на 1826 г., стр. 110—121.

Примечание 94. Страница 88

«Philosophical Transactions» (1729 г., т. XXXI) содержат на стр. 22—26 две небольших статьи Галлея: «On the Infinity of sphere of Fix'd Stars» [145] и вторую «Of the Number, Order and Light of the Fix'd Stars» [146]. Я уже цитировал эту последнюю в примеч. 41, так как Галлей пришел в точности к той же прогрессии чисел звезд в последовательных классах расстояния, которые дал Ламберт 40 лет спустя. Здесь есть только то небольшое различие, что Галлей отправляется

от 13 звезд первой величины, а Ламберт от 12. Первый имеет, следовательно, 9.13 = 117 звезд третьей величины, или тройного расстояния, а другой 9.12 = 108.

Примечание 95. Страница 89

Смотри «Трактат о комете, которая появилась в 1843 и 1844 гг. и т. д.» Ж. П. Луи де Шезо, Лозанна и Женева, 1744, 8°. За трудом следует «Добавление, содержащее различные астрономические наблюдения и рассуждения», из которых второе, на стр. 223—229, носит название «О силе света и его распространении в эфире и о расстоянии неподвижных звезд». В этой статье Шезо определяет также расстояние звезд первой величины сравнением блеска этих звезд и такового планеты Марс, наблюденной на различных расстояниях от Солнца. Он нашел это расстояние равным 20 000 радиусам земной орбиты, а средний истинный диаметр звезды первой величины $= \frac{1}{125}$ секунды. Видно, что это фотометрическое определение расстояний звезд первой величины на 16 лет предшествовало определению Ламберта и на 23 года — определению Мичелла, которые были сделаны через посредство Сатурна. Результат, найденный Шезо, не отличался существенно от результата его двух последователей и представлял бы еще более замечательное согласие, если бы автор не пренебрег потерей света вследствие несовершенной белизны (альбедо) планеты. Тот же путь сравнения блеска планет с блеском неподвижных звезд был использован Ольберсом в мемуаре 1801 г., озаглавленном «Марс и Альдебаран» и опубликованном в «Monatliche Korrespondenz» [147] Цаха, т. 8, стр. 296. Окончательный результат этого трактата, написанного с обычной для автора ясностью, состоит в том, что сравнением с Марсом он нашел расстояние неподвижных звезд 1-й величины, а именно α Тельца = 344 643 радиусов земной орбиты; а расстояние Проциона = 378 972 радиусов — с помощью сравнений с Сатурном. Он определяет также угловой диаметр первой звезды = 0",0056 и второй = 0",0050. Два параллакса суть: 0",60 для α Тельца и 0",57 для Проциона, — чересчур большие значения, которые показывают поэтому, что эти звезды больше или обладают более интенсивной светимостью, чем наше Солнце [148]. Ольберс сравнил также Уран со звездами

6-й величины и вывел отсюда, что среднее расстояние для звезд этого класса почти в 10 раз больше, чем для звезд 1-й величины. Это расстояние довольно близко согласуется с нашей цифрой, равной 7.7258 для средних звезд 6-й А. Ольберс был дальнозорок; поэтому его цифра должна быть больше, чем та, которая относится к величинам «Уранометрии». Наконец Ольберс сравнивает Цереру с Ураном и находит видимый диаметр Цереры в противостоянии 1802 г. $= 0\overset{''}{.}62$. Видимый парадокс меньшего диаметра у Проциона, чем у α Тельца, происходит от более интенсивной белизны, которую он приписал Проциону, белой звезде, чем α Тельца, звезде красноватой. В этом пункте он находится в противоречии с мнением Мичелла, который считает, что красные неподвижные звезды суть те, которые имеют наиболее интенсивный абсолютный блеск (см. примеч. 31)[149]. Я замечу еще, что Ольберс в своем мемуаре 1801 г. не упоминает Шезо, который, однако, сделал в точности то же сравнение Марса и α Тельца. Ясно, что «Добавления» к труду лозаннского астронома ускользнули от Ольберса; это странно, так как Ольберс, благодаря обладанию одной из самых богатых библиотек, имел самые подробные познания в астрономической литературе. Экземпляр трактата Шезо, которым обладает Пулковская обсерватория, происходит из библиотеки Ольберса.

Примечание 96. Страница 91

Со стороны Орла есть два черпка в 588 звезд для $\alpha = 19^h 30^m 36^s$, $\delta = +15° 27'$ и для $\alpha = 19^h 40^m 48^s$, $\delta = +15° 27'$.

В противоположном направлении наиболее богатый черпок в $\alpha = 7^h 28^m 9^s$, $\delta = -22° 34'$ дает лишь 204 звезды. Большее богатство Млечного Пути со стороны 18^h проявляется в том обстоятельстве, что от 17^h до 21^h среди 258 черпков есть 81, которые дают больше 122 звезд, или один черпок из трех, между тем как со стороны 6^h есть только 5 черпков среди 108, или один из 21, которые дают больше 122 звезд. Я уже указал на стр. 75, что средняя звездная плотность более значительна в области Орла, чем в области Ориона; кажется также вероятным, что наибольшее сгущение в направлении, перпендикулярном главной плоскости, находится в частях Млечного Пути, расположенных за последними звездами Орла, которые видимы в телескоп Гершеля.

Примечание 97. Страница 92

Если p выражает теоретическую досягаемость телескопа без учета поглощения света, а p' ту, которую доставляет опыт, мы имеем, обозначая через λ коэффициент, относящийся к поглощению, посредством уравнивания видимых блесков в обоих случаях, следующее уравнение:

$$\frac{1}{p^2} = \frac{1}{p'^2} \lambda^{p'} \quad \text{или} \quad p^2 \lambda^{p'} = p'^2.$$

Если p и p' известны, решение этого уравнения дает нам для численного определения поглощения:

$$\lambda = \sqrt[\frac{1}{2}p']{\frac{p'}{p}}.$$

Чтобы не смешивать единицы, я удерживаю среднее расстояние звезд первой величины как единицу расстояния, и мы имеем для 20-футового телескопа

$$p = 74.83 \cdot 8.8726 = 663.94; \quad p' = 227.782.$$

Это дает поглощение λ на единицу расстояния:

$$\lambda = \sqrt[113.891]{\frac{227.782}{663.94}} = 0.990651$$

и поглощение $\mu' = 0.009349$.

Для какого-нибудь другого расстояния $= x$, выраженного в расстояниях звезд первой величины, мы находим

$$\lambda = 0.990651^x \quad \text{и} \quad \mu = 1 - \lambda.$$

Для видимого блеска (который мы обозначим через ξ и η) двух звезд, расстояния которых суть x и y, мы имеем

$$\xi = \frac{1}{x^2} \lambda'^x \quad \text{и} \quad \eta = \frac{1}{y^2} \lambda'^y.$$

Полагая во втором выражении $y = 1$, мы видим, что блеск звезды, расстояние которой $= 1$, будет λ'. Это дает для блеска звезды, удаленной на x, относительно блеска звезды, удаленной на единицу,

$$\xi' = \frac{1}{x^2} \lambda'^{x-1} = \frac{1}{x^2} 0.990651^{x-1}.$$

В своих мемуарах после 1799 г. Гершель для выражения расстояний звездных объектов употребляет сравнение либо с досягаемостью невооруженного глаза, либо со средним расстоянием звезд первой величины. Проницательная способность 20-футового телескопа, использованного в черпках, выражается через 66.18 относительно досягаемости глаза. Отсюда он определяет эту последнюю равной 12 расстояниям звезд первого порядка. Отсюда он оценил теоретическую досягаемость своего телескопа $(p) = 66.18 \cdot 12 = 734$, выраженную в расстояниях звезд первой величины. При употреблении, согласно нашему исправлению, маленького модульного телескопа (см. стр. 90) эта досягаемость будет

$$p = 66.18 \sqrt[3]{1.83} \cdot 8.8726 = 663.93$$

и, вообще, мы имеем

$$p = 0.90438(p) \text{ и } \log p = \log(p) - 0.04365.$$

Этим способом досягаемость (p) телескопа, данная самим Гершелем, превращается в теоретическую досягаемость p согласно нашему модулю. Теперь, чтобы достигнуть действительной досягаемости p' телескопа при учете ослабления, нам остается решить трансцендентное уравнение

$$\log p' + p' \cdot 0.0020397 = \log p = \log(p) - 0.04365.$$

Положим

$$\log p' = \log x + 2.69043;$$

мы будем иметь

$$\log x + x = \log(p) - 2.73408,$$

уравнение, решение которого легко дает x и потом p'.

Примечание 98. Страница 92

Ольберс предполагает поглощение на единице расстояния $\mu' = \frac{1}{800}$. Но это является произвольным допущением; он хотел лишь показать, что этого маленького поглощения достаточно, чтобы объяснить действительный блеск неба. Шезо нашел $\mu' = \frac{1}{33}$, исходя из весьма неопределенного сравнения между освещением, произведенным небесным сводом и тем, который дает соединенный блеск звезд первой величины.

Примечание 99. Страница 95

Вот таблица этих расстояний, которые все выражены через единицу, равную среднему расстоянию звезд первой величины.

Расстояние, по Гершелю (p)	Расстояние, исправленное за ослабление p'	Расстояние, по Гершелю (p)	Расстояние, исправленное за ослабление p'
24	19.8	600	206.1
36	28.5	734	227.8
39	30.6	900	250.7
48	36.6	910	252.0
60.75	44.6	950	257.0
96	64.2	980	260.6
144	86.7	2 300	368.5
183.5	102.5	4 128	450.3
186	103.5	4 561	464.8
204	110 0	8 809	563.9
243	123.2	11 645	607.4
344	152.2	13 707	633.3
400	166.1	18 244	679.2
468	183.2	35 175	787.5

Примечание 100. Страница 96

Вообразим дифференциальный конус, вершина которого находится в глазу. Дифференциальный слой этого конуса, расположенный на расстоянии x от глаза и имеющий толщину dx, производит дифференциальный блеск

$$C\lambda^x \rho dx,$$

где C есть постоянная, λ — коэффициент поглощения на единицу расстояния и ρ — звездная плотность, которая соответствует месту дифференциального слоя. Полный блеск конуса от глаза до расстояния f будет:

$$E = C \int\limits_{x=0}^{x=f} \lambda^x \rho dx$$

В направлении середины Млечного Пути $\rho=1$, и мы будем иметь

$$E'=C\int_{x=0}^{x=f}\lambda^x\,dx=C\frac{1-\lambda^f}{-\log\operatorname{nat}\lambda}.$$

Для $f=\infty$ мы находим

$$E'=\frac{C}{-\log\operatorname{nat}\lambda}.$$

Если мы примем это последнее значение, или полный свет середины Млечного Пути, за единицу, C будет $=-\log\operatorname{nat}\lambda$, и мы будем иметь в направлении Млечного Пути вплоть до расстояния $=f$, для блеска

$$E'=1-\lambda^f.$$

В направлении полюса Млечного Пути прямое интегрирование для нахождения E неосуществимо по причине слишком сложного аналитического выражения ρ. Тут надо найти интеграл с помощью механических квадратур. Подставляя в выражение E для C эквивалент $=-\log\operatorname{nat}\lambda$, мы будем иметь, вообще,

$$E=-\log\operatorname{nat}\lambda\int_{x=0}^{x=f}\lambda^x\rho\,dx.$$

Следующие числа текста были вычислены именно приложением этих формул. Для большего удобства я взял единицу расстояния, равную радиусу звезд H, и соответствующий коэффициент поглощения $\lambda=0.11770$ (см. стр. 93). В этом случае ρ даются формулой II и таблицей на стр. 78. Но я должен был расширить таблицу и вычислить для промежутков в 0.01 следующие ρ:

x	ρ
0.00	1.0000
0.01	0.9457
0.02	0.8183
0.03	0.6803
0.04	0.5675
0.05	0.4857

Заключительное примечание. Продолжение примечания 62 относительно изменяемости собственного движения Процiона и Сириуса

1. Процион

Склонения фундаментальных звезд, определенные Бесселем для 1820 г. с помощью меридианного круга Рейхенбаха, требуют вблизи экватора положительной поправки около одной секунды, чтобы стать сравнимыми с лучшими склонениями, наблюденными несколькими годами позднее другими астрономами. Постоянная разность между дерптскими склонениями для 1824 г. и кенигсбергскими склонениями выражается формулой $S-B=+1''.60-1''.33\sin\delta-0''.49\cos\delta$, что дает $S-B=+0''.99$ для Проциона ($\delta=+5°40'$). Действительно, Бессель сам неоднократно удостоверяет такую постоянную ошибку своих склонений. Он указывает в «Königsberger Beobachtungen für 1824» (стр. XI) [150] среднюю поправку в $+0''.79$ склонений Солнца, наблюденных инструментом Рейхенбаха, и возможность общей поправки в 1″ для фундаментальных звезд. В «Astronomische Nachrichten», № 515 [138], можно найти, что склонения, полученные в 1844 г. с помощью нового круга Репсольда, на $1''.19$ севернее, чем склонения 1820 г. в среднем из 8 звезд. Бессель также намекнул на источник небольшой погрешности склонений 1820 г.; кажется несомненным, что его надо приписать значению горизонтального гнутия, которое он брал по наблюдениям 1820 и 1821 гг. Полярной звезды, изображение которой было отражено водой. Это гнутие было $+1''.11$ для горизонта; между тем как более непосредственные и более надежные наблюдения с двумя противоположными трубами дали ему в 1824 г. $0''.005$, или исчезающее гнутие. Если бы он употребил в обработке это последнее значение, склонения Бесселя представили бы удивительное согласие со склонениями, наблюденными в Дерпте, Або, Гринвиче и т. д. Я думаю даже, что стало неизбежным подвергнуть каталог склонений 1820 г. новой обработке, употребляя гнутие $=0$. Эта работа требует, в первую очередь, нового определения постоянной коэффициента рефракции, который также должен измениться с гнутием. Чувствуя необходимость наивозможного исключения в исследовании собственных движений средних разностей каталогов, Бессель взял в качестве точки

отправления не абсолютные склонения Проциона, но склонения относительно 8 других звезд: α Кита, α Ориона, β Девы, α Змеи, γ, α, β Орла и α Водолея, среднее склонение которых равно склонению Проциона. Этот путь был бы превосходен, если бы 8 звезд сравнения были бы соседними с Проционом по прямому восхождению; но их прямые восхождения отличаются от Проциона на —4.6, —1.7, +4.2, +8.1, +12.1, +12.2, +12.3 и 14.5 часов; и мне кажется рискованным находить среднюю поправку для Проциона посредством звезд, наблюденных в совершенно другие, и даже противоположные, сезоны. Поэтому я считаю, что было бы лучше придерживаться непосредственно наблюденных склонений Проциона и лишь прилагать к склонению 1820 г. поправку +1''.0, указанную самим Бесселем. Что же касается до абсолютного склонения 1770 г., по Маскелину, то его в любом случае надо отбросить как слишком несовершенное. Абсолютное склонение Пиацци для 1800 г. должно быть исправлено на —1''.4 согласно исследованию г-на Аргеландера «DLX stellarum fixarum positiones mediae»[151] (1830, стр. XI). Но даже исправленное, оно все же подвержено вероятной ошибке в 1''.2. Мне кажется поэтому более правильным равным образом исключить и его. Таким образом, у нас остается 13 склонений и столько же условных уравнений, чтобы определить два неизвестных: x — поправку склонения «Кенигсбергских таблиц» для 1820 г., и y — поправку годичного собственного движения по склонению, предположенного Бесселем. Уравнения эти следующие:

		Вычисл.	Наблюд.
1) Брадлей 1755 г.	$x - 65\,y = 0''.00$	—0''.56	—0''.56
2) Бессель 1820 г.	$x = +1.00$	+1.89	+0.89
3) Понд I 1822 г.	$x + 2\,y = +2.34$	+1.97	—0.37
4) Понд II 1822 г.	$x + 2\,y = +1.26$	+1.97	+0.71
5) Струве 1824 г.	$x + 4\,y = +1.12$	+2.04	+0.92
6) Аргеландер 1830 г.	$x + 10\,y = +1.66$	+2.27	+0.61
7) Понд 1830 г.	$x + 10\,y = +3.26$	+2.27	—0.99
8) Эри 1830 г.	$x + 10\,y = +1.91$	+2.27	+0.36
9) Гендерсон 1833 г.	$x + 13\,y = +2.15$	+2.38	+0.23
10) Бессель 1838 г.	$x + 18\,y = +2.11$	+2.57	+0.46
11) Эри 1838 г.	$x + 18\,y = +2.53$	+2.57	+0.04
12) Эри 1842 г.	$x + 22\,y = +3.96$	+2.72	—1.24
13) Бессель 1844 г.	$x + 24\,y = +3.81$	+3.79	—1.02

Так как трудно установить относительные веса этих уравнений, я принял их все за равноточные. Тогда они дают два окончательных уравнения

$$13x + 68y = +27''.11,$$
$$68x + 6426y = +370.01,$$

которые дают $x = +1''.89$ и $y = +0.03759$.

Остаточные ошибки в последнем столбце ведут к вероятной ошибке отдельного склонения $= 0''.54$, которая, наверное, не слишком велика, в особенности потому, что часть ее должна упасть на элементы использованной обработки для большинства из этих наблюдений — на «Кенигсбергские таблицы», в которых аберрация и нутация меньше должных на $0''.20$ и $0''.25$.

2. Сириус

Для этой звезды Бессель шел аналогичным путем, выбрав за основание не абсолютные прямые восхождения звезды в различных каталогах, но прямые восхождения относительно трех фундаментальных звезд: β, α Ориона и Проциона, которые отличаются от Сириуса по времени прохождения лишь на —1.5, —0.9 и +0.9 часа. Таким способом он бесспорно исключил из своего исследования неточности каталогов в положении точки равноденствия. Заметим, однако, что средняя склонений трех звезд сравнения есть +1°32′, а склонение Сириуса —16°28′ и что между ними есть разница в 18°.

Подвергая теперь вычислению 15 поправок «Кенигсбергских таблиц», найденных Бесселем, мы приходим к следующим уравнениям, в которых x означает среднюю поправку таблиц для 1755 г. и y — поправку собственного движения, предположенного Бесселем.

		Вычисл.	Наблюд.
1) Брадлей 1755 г.	$x = 0^s.000$	$-0^s.113$	$-0^s.013$
2) Маскелайн 1767 г.	$x + 12\,y = -0.079$	-0.079	0.000
3) Пиацци 1800 г.	$x + 45\,y = +0.033$	$+0.015$	-0.018
4) Маскелин 1806 г.	$x + 51\,y = +0.016$	$+0.032$	$+0.016$
5) Бессель 1815 г.	$x + 60\,y = -0.036$	$+0.058$	$+0.094$
6) Понд 1819 г.	$x + 64\,y = -0.083$	$+0.069$	$+0.152$
7) Бессель 1825 г.	$x + 70\,y = 0.000$	$+0.086$	$+0.086$
8) Струве 1825 г.	$x + 70\,y = -0.006$	$+0.086$	$+0.092$
9) Аргеландер 1830 г.	$x + 75\,y = -0.003$	$+0.101$	$+0.104$
10) Эри 1830 г.	$x + 75\,y = +0.049$	$+0.101$	$+0.052$
11) Понд 1832 г.	$x + 77\,y = +0.084$	$+0.106$	$+0.022$
12) Буш 1835 г.	$x + 80\,y = +0.188$	$+0.115$	-0.073
13) Эри 1838 г.	$x + 83\,y = +0.218$	$+0.123$	-0.095
14) Эри 1842 г.	$x + 87\,y = +0.264$	$+0.135$	-0.129
15) Бессель 1843 г.	$x + 88\,y = +0.321$	$+0.138$	-0.183

Приписывая также равные веса первоначальным уравнениям, мы приходим к окончательным уравнениям

$$15x + 67751y = +0^{s}.66,$$
$$935x + 67751y = +87181,$$

откуда мы выводим

$$x = -0^{s}.113, \quad y = +0^{s}.002848.$$

Вероятная ошибка отдельного уравнения отсюда $0^{s}.070$. Хотя это значение и не непомерно, правильный ход остаточных ошибок, данных в последнем столбце, представляет нечто столь замечательное, что кажется трудным не подписаться под мнением Бесселя об аномалии в собственном движении Сириуса.

Если неправильность движения Сириуса реальна, это открытие будет, бесспорно, одним из самых важных, которые были когда-либо сделаны в звездной астрономии, и одним из наиболее прекрасных, которыми наука обязана великому кенигсбергскому астроному.

Однако мне показалось возможным сомневаться еще в этой реальности до тех пор, пока она не будет установлена еще более убедительным исследованием. Чтобы его провести, я считал нужным использовать разности прямых восхождений Сириуса и других звезд того же созвездия Большого Пса. Я выбрал поэтому 7 следующих звезд сравнения:

	Величина	Прямое восхождение	Склонение
β Большого Пса	2	$6^h15^m.7$	—17°53′
ν′ » »	6.7	29.3	18 32
ν″ » »	5	29.7	19 8
ϑ » »	4.5	46.7	11 50
μ » »	5	48.8	13 51
ι » »	4.5	49.0	16 51
γ » »	4.5	56.5	15 24
Среднее		$6^h39^m.4$	—16°12′ (для 1840 г.)
Для Сириуса . .		6 38.1	—16 30 » » »
Разность		$+1^m.3$	+18′

Эти звезды были определены Брадлеем и Пиацци. Необходимо, чтобы разности по прямому восхождению между этими звездами и Сириусом в каталогах 1755 и 1800 гг. были бы освобождены от постоянных ошибок; потому что надо предполагать, что они почти всегда были непосредственно сравнены с Сириусом, единственной фундаментальной звездой, близкой к ним по прямому восхождению и склонению. Вот, следовательно, уже два соотношения между Сириусом и этими звездами. Третье мы находим для 1829 г. Две из этих звезд, ν' и μ, были наблюдены в Дерпте, 5 других — в Гринвиче. Наконец четвертое соотношение должно быть для 1847 г. и основано на новом ряде наблюдений.

Я пригласил г-на Г. Фусса заняться всей работой, не только наблюдательной, но также вычислительной. Этот ученый в феврале и марте 1847 г. выполнил, с той точностью, которая отличает его наблюдения, полный ряд сравнений между Сириусом и 7 звездами с помощью нашей большой меридианной трубы Эртеля, употребленной в двух положениях инструмента [152]. Позже он извлек из гринвичских журналов наблюдений с 1827 по 1832 гг. все прохождения, где одна или несколько из 7 звезд были непосредственно сравнены с Сириусом. Так как г-н Фусс представил Академии подробный мемуар о своей работе, который будет опубликован в ближайшем будущем, здесь достаточно дать результаты четырех средних сравнений между Сириусом и 7 звездами, которые выражены следующим образом.

Собственное движение Сириуса по прямому восхождению относительно 7 звезд сравнения:

Для промежутка	от	1755.0	до	1847.2 =	$-2^s.987$
»	»	1800	»	1847.2 =	-1.543
»	»	1829	»	1847.2 =	-0.510

Пусть теперь x есть поправка соотношения (наблюденного в 1847.2), y — собственное движение Сириуса относительно 7 звезд. Мы имеем четыре условных уравнения:

		Вычисл.	Наблюд.
$x + 92.2\,y =$	$-2^s.987$	$-2^s.990$	$-0^s.003$
$x + 47.2\,y =$	-1.543	-1.516	$+0.027$
$x + 18.2\,y =$	-0.510	-0.565	-0.055
$x \quad =$	0.000	$+0.031$	$+0.031$

Обрабатывая эти уравнения по методу наименьших квадратов, получаем

$$x = +0^s\!.031, \quad y = -0^s\!.032768.$$

Остаточные ошибки этих уравнений суть $-0^s\!.003$, $+0^s\!.027$, $-0^s\!.055$, $+0^s\!.031$. Они дают вероятную ошибку отдельного соотношения $= 0^s\!.0324$, т. е. настолько малую, что можно претендовать на то, что в годы 1755, 1800, 1829 и 1847 наблюденные соотношения не представляют ни малейшего следа неправильности в собственном движении Сириуса. Наиболее существенное отклонение имеет место для 1829 г. и доходит до $0^s\!.055$. Это соотношение покоится на наблюдениях Понда, при которых меридианная труба с 1825 до 1832 г. не перекладывалась. Можно даже попытаться заподозрить в отклонении 1829 г., хотя и очень малом, небольшое оптическое несовершенство инструмента; если бы оно существовало, оно должно было бы действовать в более сильной степени на яркую звезду Сириус, чем на другие, сравнительно слабые звезды.

Но как объяснить довольно значительные неправильности прямого восхождения Сириуса, которые указал Бессель и которые не были подтверждены нашим исследованием, как я считаю, гораздо более определенным? Может ли быть, что в некоторых из инструментов был дефект в форме цапф, который должен был при разности в 18° в склонении действовать на соотношения в прямом восхождении, как ошибка деления действует на склонения? Может быть также, что дефекты в значениях аберрации и нутации, использованных здесь, содействовали этому же. Наконец для некоторых астрономов может существовать и личное уравнение, которое заставляет их наблюдать прохождения очень яркой звезды немного иначе — иногда позднее, иногда раньше, — чем прохождения гораздо более слабой звезды.

ПРИЛОЖЕНИЯ





ВАСИЛИЙ ЯКОВЛЕВИЧ СТРУВЕ

Василий Яковлевич Струве — один из наиболее выдающихся астрономов XIX века — оставил неизгладимый след в истории русской и мировой науки.

Ясный ум, инициатива, широкий размах, неуклонная настойчивость в достижении поставленных целей, большой круг научных интересов, исключительная работоспособность — таковы качества, отличающие этого замечательного ученого.

Изучение двойных звезд, исследования по звездной статистике, определение астрономических постоянных, меридианная астрометрия, градусные измерения, определение географических координат — таков неполный перечень отраслей астрономии и геодезии, в каждую из которых он внес существенный вклад.

Большинство выдающихся исследований В. Я. Струве получило достойную оценку еще при его жизни; некоторые же из них настолько опередили свою эпоху, что получили общее признание лишь в наши дни.

Василий Яковлевич Струве родился в Альтоне 15 апреля 1793 г. В настоящее время Альтона представляет собой западный пригород Гамбурга, в те же времена это был небольшой городок, входивший в состав Дании. Отец В. Я. Струве происходил из крестьян. Он был выдающимся педагогом, занимал пост директора гимназии в Альтоне.

Первоначальное образование будущий астроном получил под руководством отца. В ранней молодости он приобрел основательные познания в математике и древних классических языках. Однако законченного среднего образования ему получить не удалось. В июне 1808 г., в середине семестра, не закончив последнего класса гимназии, он спешно уехал в Дерпт (ныне г. Тарту), где проживал его старший брат, бывший учителем гимназии и приват-доцентом университета.

Причину столь спешного отъезда В. Я. Струве в Россию следует приписать тому состоянию беспокойства и неопределенности, в котором находилась тогда Западная Европа, оккупированная войсками Наполеона. Непосредственным поводом к отъезду, похожему на бегство, послужило, повидимому, следующее событие. Однажды В. Я. Струве посетил находившийся в непосредственной близости от Альтоны город Гамбург, занятый французскими войсками. Здесь он был захвачен вербовщиками солдат для наполеоновской армии. Совершив рискованный прыжок из окна второго этажа, он бежал в Альтону, находившуюся на территории нейтральной Дании, где французы не могли его преследовать.

В Дерпте он был принят в число студентов университета, избрав своей специальностью филологию. Отец его, повидимому, не был достаточно состоятельным, чтобы материально поддерживать сына, поэтому в 1809 г. В. Я. Струве вынужден был взять на себя обязанности воспитателя и учителя в одном богатом семействе. Это обстоятельство, разумеется, сильно мешало его университетским занятиям, но, обладая хорошей подготовкой, большими способностями и трудолюбием, он в два с половиной года закончил университет.

В 1810 г. В. Я. Струве написал на латинском языке сочинение о филологических работах ученых Александрийской школы. Это была незаурядная студенческая

работа, он был награжден за нее золотой медалью и было принято решение об издании ее на средства университета.

В декабре 1810 г. В. Я. Струве закончил университетский курс филологических наук и сдал все положенные экзамены.

По окончании университета, будучи всего 18 лет от роду, он получил весьма выгодное и лестное для своего возраста предложение занять место старшего учителя истории в Дерптской гимназии. Эта должность обеспечила бы ему вполне устойчивое материальное положение и возможность дальнейших работ в области гуманитарных наук. Однако, к счастью для астрономии, он от этого предложения отказался. Это решение было принято в значительной степени под влиянием ректора Дерптского университета, известного физика Г. Паррота. В 1811 г. В. Я. Струве регулярно посещал лекции и практические занятия по физике, которые вел Г. Паррот. Последний, обратив внимание на большие способности юноши, на его интерес к математике и ее приложениям, убедил его оставить филологию и отдать свои силы точным наукам. Небольшая стипендия, которую ему выхлопотал Паррот, позволила В. Я. Струве сократить число частных уроков и целиком посвятить себя изучению математических наук. Скоро он избрал своей специальностью астрономию. В то время при Дерптском университете существовала астрономическая обсерватория, находившаяся в ведении профессора И. Хута, который возглавлял объединенную кафедру математики и астрономии. Но Хут мало интересовался наблюдениями, и ценные инструменты обсерватории лежали в ящиках нераспакованными.

Поэтому, когда В. Я. Струве в 1812 г. начал в Дерпте свои первые астрономические наблюдения, обсерватория практически была предоставлена в его полное распоряжение. Первые его наблюдения в 1812 и 1813 гг. были произведены переносными инструментами и предназначались для определения географических координат обсерватории.

Для определения широты и времени послужили многочисленные измерения зенитных расстояний Солнца и ярких звезд. Эти измерения были выполнены преимущественно повторительным кругом Баумана, частично же при помощи секстанта Трофтона с радиусом в 25 см. Для определения долготы он наблюдал при помощи ахроматической трубы Трофтона покрытия звезд Луной и затмения спутников Юпитера. Присоединив к своим данным некоторые наблюдения профессора И. Пфаффа, занимавшего кафедру астрономии в Дерпте с 1804 по 1809 г., В. Я. Струве с большой точностью получил координаты обсерватории и в 1813 г. защитил диссертацию на тему «О географическом положении Дерптской астрономической обсерватории». Защита длилась два дня, потому что в первый день, 29 октября, вскоре после начала диспута, все собрание покинуло зал заседаний, так как прибыла почта, принесшая первые подробные известия о «битве народов» под Лейпцигом, в которой Наполеону было нанесено крупное поражение.

После защиты диссертации В. Я. Струве были присвоены степени магистра и доктора философии, а спустя месяц он был назначен экстраординарным профессором математики и астрономии и наблюдателем Дерптской обсерватории.

Еще осенью 1813 г. он установил пассажный инструмент Доллонда, имевший фокусное расстояние 223 см и диаметр объектива 115 мм. Перед этим инструмент несколько лет пролежал в ящиках нераспакованным. Установка его потребовала много времени и усилий, так как В. Я. Струве пришлось все делать собственноручно. Впоследствии он рассказывал, какие трудности он при этом преодолел. Особенно много времени и труда ушло у него на то, чтобы в гранитных кубах, служащих непосредственно для установки инструмента, сделать углубление для крепления лагерей и отверстия для освещения поля зрения. Пассажный инструмент оказался превосходным по качествам,

и 20 января 1814 г., пронаблюдав прохождение Полярной в верхней кульминации, В. Я. Струве начал на нем наблюдения. Перед молодым астрономом стояла довольно трудная задача: избрать такую программу наблюдений, выполнение которой было бы наиболее полезным для астрономии при тогдашнем состоянии этой науки.

В первом томе «Дерптских наблюдений», вышедшем в 1817 г., он пишет:

«Когда три года тому назад я был назначен наблюдателем обсерватории, я долго и серьезно обдумывал вопрос, не позволит ли мне даже тогдашнее состояние обсерватории предпринять ряд наблюдений, могущих обогатить наши знания звездного неба. При этом я хотел настолько усовершенствоваться в производстве астрономических наблюдений, чтобы впоследствии, когда обсерватория получит желаемые средства, вполне быть подготовленным благодаря приобретенной опытности, избирать всегда наилучшие способы наблюдений. Полагаю, что всякий, кому дорого процветание науки, обязан оному содействовать по мере своих сил».

Имея в руках пассажный инструмент, не снабженный точно разделенным кругом, В. Я. Струве мог определять лишь прямые восхождения светил. Поэтому перед ним, естественно, встала задача выбрать для наблюдения такие звезды, склонения которых были известны с достаточной для того времени точностью, а прямые восхождения требовали улучшения. Незадолго перед тем вышел в свет звездный каталог, полученный из наблюдений, произведенных в Палермо сицилийским астрономом Пиацци. Вскоре немецкий астроном Боде опубликовал список приближенных положений 5505 звезд этого каталога.

Координаты близполюсных звезд каталога Пиацци как раз обладали указанными выше свойствами — склонения были достаточно точны, а прямые восхождения содержали большие ошибки. Поэтому в 1814 г. В. Я. Струве предпринял определение прямых восхождений всех ярких звезд

списка Боде до пятой величины со склонениями от +45° до северного полюса.

Впоследствии он включил в программу наблюдений все содержащиеся в этом списке звезды от +75° до полюса.

Кроме того, В. Я. Струве избрал предметом своих исследований двойные звезды, которыми в то время не занимался ни один астроном. В начале своих наблюдений он не располагал достаточными средствами, необходимыми для точного определения относительных положений составляющих двойных звезд. Из больших инструментов, помимо пассажного, в его распоряжении были лишь ахроматическая труба Трофтона с фокусным расстоянием 162 см и диаметром объектива 95 мм. Но труба эта имела азимутальный штатив и не была снабжена окулярным микрометром. Поэтому она была бесполезна для измерения двойных звезд. В. Я. Струве вынужден был ограничиться нахождением разностей прямых восхождений составляющих при помощи пассажного инструмента и глазомерной оценкой позиционного угла. Но даже пользуясь этим несовершенным способом, он уже в 1814 г. установил, что составляющие Кастора и η Кассиопеи продолжают движения, указанные Гершелем.

В 1816 г. В. Я. Струве прервал наблюдения на обсерватории ради другой работы, оказавшей большое влияние на всю его последующую деятельность. Лифляндское экономическое общество решило составить карту Лифляндской губернии и обратилось к нему с просьбой произвести необходимую для этого астрономо-тригонометрическую съемку. С разрешения Совета университета В. Я. Струве принялся за эту работу и в 1818 г. закончил все основные наблюдения. Все полевые работы были завершены в марте 1819 г. измерением главного базиса по льду оз. Вирц-Ярв. Для съемки В. Я. Струве располагал весьма скромными наблюдательными средствами. В его распоряжении был лишь секстант с радиусом в 25 см и изготовленный в Дерпте по его указаниям прибор для измерения неболь-

ших вертикальных углов вблизи горизонта. Несмотря на это, астрономо-тригонометрическая съемка Лифляндской губернии является одной из наиболее поучительных работ В. Я. Струве по геодезии. В этой работе были проявлены большое искусство наблюдателя, исключительная тщательность в определении и исключении инструментальных ошибок и большое остроумие в преодолении местных препятствий, затруднявших работу.

В 1818 г., когда съемка была уже почти закончена, В. Я. Струве вернулся к своим наблюдениям на обсерватории. К этому времени дерптский механик Политур изготовил к трубе Трофтона приспособление для измерения позиционных углов. Это дало возможность В. Я. Струве определять взаимное положение составляющих двойных звезд с большей точностью, чем раньше: по разности прямых восхождений и по измеренному позиционному углу.

Наконец, в 1821 г. был получен прекрасный нитяный микрометр работы Фраунгофера, позволивший при помощи трубы Трофтона производить полные измерения двойных звезд. Однако наблюдения все же сильно усложнялись тем обстоятельством, что труба не имела параллактического штатива.

В третьем томе «Дерптских наблюдений», вышедшем в 1822 г., В. Я. Струве опубликовал свой первый каталог двойных звезд, содержащий 795 объектов и легший в основу его дальнейших исследований в этой области.

Сразу по окончании лифляндской триангуляции у В. Я. Струве возникла мысль о продолжении этой работы на север и на юг с тем, чтобы измерить дугу меридиана длиной в 3—4°. Равнинная местность Прибалтики являлась весьма удобной для этого. Получив разрешение и некоторые средства, он летом 1821 г. приступил к прибалтийскому градусному измерению. На этот раз он уже имел полный набор точных инструментов, часть которых была изготовлена по его указаниям. Полевые работы он выполнял с 1 мая по 1 сентября, а остальное время посвя-

щал наблюдениям на обсерватории и чтению лекций, которые начинал несколько позже установленного расписания, а заканчивал несколько раньше.

Отметим попутно, что В. Я. Струве еще в 1818 г., после смерти профессора Хута, был избран ординарным профессором Дерптского университета по кафедре астрономии, но был утвержден в этой должности лишь в сентябре 1820 г., когда кафедры астрономии и математики были разделены и профессором математики был назначен Бартельс.

Помощниками В. Я. Струве при выполнении градусного измерения в прибалтийских губерниях были студенты и воспитанники Дерптского университета, а также прикомандированные в Дерпт для слушания курса астрономии флотские офицеры. В результате этой работы, продолжавшейся до 1827 г., была измерена дуга меридиана длиной в 3° 35′ от о. Гогланд в Финском заливе до г. Якобштадт на Западной Двине. Подробное описание и итоги этой работы были опубликованы В. Я. Струве в 1831 г. в двухтомном сочинении, по справедливости считающемся классическим трудом по геодезии. Измерения, произведенные в прибалтийских губерниях, принадлежат к числу точнейших. При их выполнении В. Я. Струве впервые применил способ кругового измерения углов и построенный по его идее базисный прибор, позволявший измерять базисы с точностью до 1:1 000 000. Базисный прибор Струве применялся на триангуляционных работах в нашей стране до конца прошлого столетия.

Описание этих измерений представляет собой глубоко обдуманное наставление по высшей геодезии и практической астрономии. Здесь тщательно разработаны принципы уравнивания триангуляций и обработки градусных измерений, изложены усовершенствования, внесенные В. Я. Струве в методы астрономических определений.

В то время как В. Я. Струве выполнял градусное измерение в прибалтийских губерниях, генерал К. И. Теннер,

заведовавший работами Военно-топографического управления в Литве и Курляндии, измерил дугу меридиана длиной в 4° 32′. Северная точка дуги Теннера — Бристен — находилась всего в расстоянии около 30 км от южной точки Струве — Якобштадта. Поэтому естественно, что у обоих исполнителей явилась мысль о соединении этих дуг.

Такое соединение было вскоре осуществлено. Астрономически оба измерения были связаны между собой путем сопоставления широт, полученных из наблюдений одних и тех же звезд, выполненных Теннером в Белине, а В. Я. Струве в Дерпте.

Что касается геодезической связи, то она была осуществлена путем измерения углов двух общих треугольников и определения длин их сторон. Эта работа была выполнена дважды: В. Я. Струве, с одной стороны, и работавшим под начальством Теннера лейтенантом И. И. Ходзько, с другой.

Для того чтобы гарантировать полную независимость результатов, было решено, что оба исполнителя по окончании вычислений, не сообщая друг другу полученных чисел, должны направить их в запечатанных конвертах двум авторитетным лицам для сравнения.

В качестве судей были избраны начальник Военно-топографического депо в Петербурге известный геодезист генерал Ф. Ф. Шуберт и знаменитый астроном Ф. В. Бессель.

Сообщение В. Я. Струве поступило в руки судей в конце 1829 г., а сообщение Теннера — в январе 1831 г. Вскрытие конвертов показало замечательное совпадение обоих результатов.

Соединение дуг меридиана, измеренных В. Я. Струве и Теннером, дало одну непрерывную дугу длиной в 8° 2′.5.

В дальнейшем измерения были продолжены на север через Финляндию, Швецию и Норвегию до побережья Ледовитого океана и на юг до устья Дуная.

Вернемся к работам В. Я. Струве на Дерптской обсерватории. Он непрерывно хлопотал о пополнении инструментов обсерватории, и, поскольку своими наблюдениями показал, что эти инструменты найдут надлежащее применение, хлопоты его почти всегда были успешны.

В июне 1822 г. в Дерпт был доставлен меридианный круг, изготовленный в мастерской Рейхенбаха в Мюнхене, заказанный еще в 1817 г. В. Я. Струве прервал полевые работы и занялся установкой этого инструмента, который, наконец, давал ему возможность определять точные положения светил как по прямому восхождению, так и по склонению. Установка инструмента отняла у него три с половиной месяца. Первой задачей после установки меридианного круга было заложение основ для наблюдений на этом инструменте. В. Я. Струве тщательно исследовал весь прибор: определил ошибки делений круга, фигуры цапф, гнутие и т. д. Первые астрономические наблюдения имели целью определение широты, рефракции, положения точки весеннего равноденствия, наклонности эклиптики, с тем чтобы сделать наблюдения на этом инструменте независимыми от всех предыдущих. При этом не были забыты и двойные звезды. Одновременно с основными наблюдениями были определены точные положения почти всех 795 двойных звезд, входивших в список, опубликованный В. Я. Струве. Наконец, в 1826 г. был составлен фундаментальный каталог.

В конце 1826 г. В. Я. Струве передал наблюдения на меридианном круге Э. Прейссу. Последний был назначен, по ходатайству В. Я. Струве, помощником профессора астрономии еще в 1821 г., но с 1823 по 1826 г. принимал участие в кругосветном плавании на шлюпе «Предприятие» под начальством Коцебу.

В 1824 г. оборудование Дерптской обсерватории существенно пополнилось приобретением рефрактора работы знаменитого оптика Фраунгофера. Его фокусное расстояние

равнялось 437 см, а диаметр объектива 244 мм. В то время это был величайший в мире рефрактор. Этот инструмент оказался превосходным в отношении оптики, точности и удобства наблюдений. Описанию рефрактора Фраунгофера В. Я. Струве посвятил особую монографию.

Рефрактор был окончательно установлен в конце 1825 г., когда для него была построена вращающаяся башня. При помощи этого инструмента В. Я. Струве предпринял обзор неба, имевший целью составление списка всех двойных и кратных звезд до 8 величины, находящихся между полюсом и 15 градусами южного склонения. Эта область охватывает около двух третей всего звездного неба.

Попутно производились и точные микрометрические измерения некоторых двойных звезд, но в первые годы наблюдений им уделялось мало времени.

Обзор был закончен в два с половиной года. За 320 часов наблюдений, выполненных в течение 138 ночей, В. Я. Струве просмотрел около 120 000 звезд и составил список, содержащий 3112 двойных и кратных звезд. Этот список напечатан в 1827 г. и носит название «Новый каталог двойных и кратных звезд».

Значимость этой работы В. Я. Струве станет особенно ясной, если принять во внимание, что его предшественник в области изучения двойных звезд В. Гершель опубликовал каталог, содержащий лишь 500 объектов.

Закончив составление списка кратных звезд, В. Я. Струве приступил к систематическим их микрометрическим измерениям. Эти измерения продолжались до 1837 г.

В том же году вышел знаменитый труд В. Я. Струве «Микрометрические измерения двойных звезд», содержащий результаты его 13-летних наблюдений на рефракторе Фраунгофера, а также обзор более ранних наблюдений двойных звезд, выполненных им в 1814—1824 гг. Этот труд содержит точные измерения расстояний и позиционных углов

2714 двойных и кратных звезд, а также оценки их яркостей и цветов.

Каждая система звезд была измерена, по меньшей мере, в течение трех вечеров, наиболее интересные измерялись по нескольку десятков раз, лишь немногие были измерены по 2 раза. Всего В. Я. Струве произвел свыше 11 000 измерений.

Во введении к этому труду описывается способ наблюдений, рассматриваются пути определения или исключения ошибок наблюдений, дается оценка точности результатов. Кроме того, исследуются вопросы о цветах, яркостях и распределении двойных звезд, об их движениях и ряд других вопросов. Этот труд В. Я. Струве сохранил свое значение до настоящего времени.

Но на этом В. Я. Струве не считал законченными свои работы по двойным звездам. Как мы видели, он еще в 1822 г. начал определение их точных положений на меридианном круге. В 1826 г. эти наблюдения он передал Прейссу, который вел их до своей смерти, последовавшей 1839 г. После двухлетнего перерыва наблюдения были поручены Деллену, который закончил их в 1843 г.

Окончательная обработка всех наблюдений и вывод каталога точных положений звезд были выполнены В. Я. Струве уже в Пулкове. Каталог вышел в свет в 1852 г. под названием «Средние положения неподвижных звезд, преимущественно двойных и кратных». Труд этот делится на две части: обширное введение на 254 страницах и собственно каталог на 380 страницах.

Введение к каталогу является поистине классическим. В нем рассматриваются вопросы об аберрации, нутации, рефракции, личном уравнении, о весах наблюдений, о движении Солнца в пространстве. Здесь же рассматриваются двойные звезды с точки зрения того, принадлежат ли они к классу оптических или физических, и приводится исследование по статистике двойных звезд.

Особенно много внимания уделил В. Я. Струве собственным движениям звезд. В то время собственные движения определяли, большею частью, из сравнения новейших наблюдений с наблюдениями Брадлея, выполненными в середине XVIII в.

В. Я. Струве исследует наблюдения Брадлея, ранее обработанные Бесселем, и находит в них погрешности, не выявленные последним. Он тщательно исследует также звездные каталоги Пиацци, Лаланда и Грумбриджа и находит поправки, которые надо придать к координатам звезд, содержащимся в этих каталогах. Уже одним этим он оказал большую услугу астрономии. Но это была лишь предварительная работа. Из сравнения дерптского каталога с ранее полученными, упомянутыми выше каталогами он выводит собственные движения для 1660 звезд и тщательно их исследует.

В результате он приходит к ряду важных выводов, касающихся статистики двойных звезд и их собственных движений.

Во второй части даются пять отдельных каталогов на пять эпох, отделенных одна от другой промежутками времени по четыре года, от 1824 до 1840 г., и сводный каталог, отнесенный к эпохе 1830.0. Приводится также сравнение этого каталога с более ранними каталогами Брадлея, Пиацци, Лаланда и Грумбриджа.

Сводный каталог содержит прямые восхождения и склонения 2874 звезд, каждая из которых наблюдалась не менее 3 раз, а многие значительно большее число раз. В него входят не только двойные звезды, но также фундаментальные, близполюсные и некоторые другие.

Три труда В. Я. Струве—«Новый каталог», «Микрометрические измерения» и «Средние положения» — составляют одно целое и содержат все, что в то время было известно о двойных звездах. Эти работы явились основой для всех последующих исследований по двойным звездам.

Как отметил С. Ньюком, работы В. Я. Струве в области двойных звезд являются настолько значительными, что он по праву может считаться основателем новой отрасли астрономии.

Говоря о научной деятельности В. Я. Струве в Дерпте, нельзя не упомянуть его исследований о параллаксах звезд. С целью выявить заметные параллаксы некоторых звезд он с 1818 по 1821 г. произвел на пассажном инструменте ряд наблюдений близполюсных звезд. Его способ заключался в наблюдении попарно звезд, выбранных так, чтобы прямые их восхождения отличались приблизительно на 12 часов и, следовательно, верхняя кульминация одной происходила почти одновременно с нижней кульминацией другой. Эти звезды наблюдались как можно чаще в последовательных кульминациях в течение круглого года. При таких наблюдениях заметные параллаксы могут быть обнаружены по изменению наблюденных разностей прямых восхождений в течение года. Если эти наблюдения В. Я. Струве и не дали надежных значений параллаксов, то они впервые с достоверностью показали, что параллаксы ярких звезд в среднем не превышают одной десятой секунды дуги.

С 1835 по 1838 г. В. Я. Струве измерял при помощи большого рефрактора положения звезды α Лиры относительно слабой звезды 10.5 величины, отстоящей от нее на 43″. Полагая, что слабая звезда настолько удалена, что заметного параллакса не имеет, он из этих наблюдений хотел определить параллакс яркой звезды. Предварительные результаты, основанные на 17 наблюдениях, были им опубликованы в 1837 г. в главе 14 «Микрометрических измерений» и в небольшой брошюре о двойных звездах.

До самого последнего времени честь первого надежного измерения звездного параллакса приписывалась кенигсбергскому астроному Ф. В. Бесселю. Лишь в 1952 г. пулковский астроном А. Н. Дейч установил, что приоритет в этой области принадлежит В. Я. Струве. В самом деле, Бессель

опубликовал свое исследование о параллаксе звезды 61 Лебедя в декабре 1838 г., тогда как брошюра В. Я. Струве, в которой приведены результаты измерения параллакса α Лиры, вышла в свет в феврале 1837 г.

Сам Бессель в своей статье ссылается на результаты, полученные В. Я. Струве, и даже более того — указывает, что именно успех последнего дал ему надежду на получение удовлетворительных результатов.

В. Я. Струве характеризует значение своего открытия следующими словами: «Этот результат очень важен, так как он показывает, что параллакс не может превосходить небольшой доли секунды и что результаты Пиацци, Каландрелли и Бринклея, которые нашли параллакс α Лиры равным нескольким секундам, неверны. С другой стороны, мои наблюдения дали для этого параллакса достаточно определенное значение, хотя и малое, но значительно превосходящее неуверенность, которая ему присуща по теории вероятностей».

Опубликованное В. Я. Струве первоначальное значение параллакса α Лиры, равное $0''.125$, весьма близко к принятому в настоящее время значению $0''.121$. Интересно отметить, что одновременно с В. Я. Струве параллакс α Лиры пытался определить директор Гриничской обсерватории королевский астроном Дж. Б. Эйри. Однако он пришел к выводу, что параллакс этой звезды слишком мал, чтобы его можно было обнаружить при помощи инструментов Гриничской обсерватории.

Когда знакомишься с деятельностью В. Я. Струве, то поражаешься его необыкновенной работоспособности. Распределяя время между наблюдениями на обсерватории и полевыми работами, он сам вел обработку своих многочисленных наблюдений, сам выполнял все вычисления. Он собственноручно подготовил к печати первые шесть томов «Дерптских наблюдений». Особенно поражает энергия, которую он проявлял в последние годы пребывания

в Дерпте. Интенсивно ведя микрометрические наблюдения двойных звезд на большом рефракторе Фраунгофера, выполняя обработку этих наблюдений, он успевает в 1833 г. опубликовать руководство по применению пассажного инструмента к географическому определению мест.

Летом 1832 г. он совершает поездку в Москву, где дает указания, связанные с постройкой обсерватории Московского университета.

В 1833 г. В. Я. Струве принимает участие в возглавляемой генералом Шубертом хронометрической экспедиции на пароходе «Геркулес». Экспедиция эта имела целью определение разностей долгот ряда точек на побережье Балтийского моря.

Осенью 1833 г. он назначается членом Комиссии по подготовке строительства Пулковской обсерватории, что заставляет его в последующие годы часто отрываться от текущей работы для поездок в Петербург.

В 1835 г. он производит многочисленные тщательные наблюдения кометы Галлея и подготовляет к печати посвященную этим наблюдениям обширную монографию с прекрасными собственноручными рисунками. Одновременно он разрабатывает методы наблюдений для намеченной Академией Наук нивелировки между Черным и Каспийским морями, испытывает эти методы в окрестностях Дерпта и обучает им будущих участников экспедиции: А. Н. Савича, Г. Фусса и Г. Саблера.

Удивительно, как при этом он успевал выполнять свои прямые обязанности профессора Дерптского университета — чтение лекций. А между тем, лекций он не прерывал ни на один семестр и, по словам его ученика, А. Н. Савича, «блистательно исполнял свои обязанности по званию профессора в Дерптском университете».

О многосторонней педагогической деятельности В. Я. Струве можно судить по следующему списку курсов, которые он прочел за 25 лет своего профессорства в Дерпте: эле-

ментарная математика 4 курса, практическая геометрия 9, высшая геометрия 2, прикладная алгебра 2, теория сочетаний 1, плоская и сферическая тригонометрия 11, дифференциальное исчисление 9, интегральное исчисление 2, приложение дифференциального исчисления к геометрии 1, теоретическая астрономия 20, определение орбит планет и комет 5, определение долгот 6, физическая астрономия 2, общая и популярная астрономия 9, уранография 6, высшая геодезия 8, практическая геодезия 2, астрогнозия 2, определение географических положений мест 18, исчисление вероятностей 2; всего он прочел 121 курс.

Большой заслугой В. Я. Струве перед Дерптским университетом является доведение до высокого научного уровня преподавания не только астрономии, но и математики, так как он первым начал систематическое чтение лекций по высшей математике. Читавшие математику до него обычно ограничивались элементарной математикой.

Однако этим педагогическая деятельность В. Я. Струве не ограничивалась. В 1824 г. он начал читать лекции по астрономии и геодезии офицерам Генерального штаба и проводить с ними практические занятия. Впоследствии к нему начали посылать для обучения и флотских офицеров. Эти занятия он вел до самого своего перехода в Пулково, где возобновил их в 1840 г.

Кроме того, В. Я. Струве руководил подготовкой воспитанников, или, как их называли, членов профессорского института, существовавшего при Дерптском университете. Этот институт предназначался для подготовки к профессорскому званию лиц, закончивших курс университета. Из членов профессорского института — учеников В. Я. Струве — следует упомянуть А. Н. Савича и Г. Саблера. Совместно с Г. Фуссом они были участниками нивелировки между Черным и Каспийским морями, подготовленной В. Я. Струве и выполненной в 1836—1837 гг. В 1838 г. они блестяще сдали докторские экзамены, а в 1839 г. защитили докторские

диссертации, основанные на материалах, полученных ими при выполнении нивелировки.

А. Н. Савич в 1839 г. был избран профессором Петербургского университета, а в 1862 г., после отставки В. Я. Струве, ординарным академиком. Что касается Г. Саблера, то он работал в Пулковской обсерватории с ее основания, а в 1854 г. перешел на должность директора Виленской обсерватории.

Из дерптских учеников В. Я. Струве следует упомянуть еще В. Ф. Федорова. Будучи питомцем Петербургского воспитательного дома, он в 1823 г. был направлен в Дерпт для прохождения университетского курса. В 1827 г. он с большим успехом сдал кандидатские экзамены. В 1829—1830 гг. он участвовал в экспедиции профессора И. Ф. Паррота на Арарат, во время которой выполнял астрономические и геодезические работы. В 1832 г. В. Ф. Федоров, по предложению В. Я. Струве, отправился в Западную Сибирь для производства астрономических, геодезических и магнитных наблюдений. Он пробыл в этой экспедиции 5 лет и вернулся в Дерпт лишь в 1837 г. Путешествуя в весьма тяжелых условиях, он за это время определил географическое положение 79 точек и провел много других наблюдений.

В 1838 г. В. Ф. Федоров занял должность профессора астрономии в Киевском университете.

В последние годы пребывания В. Я. Струве в Дерпте в числе его учеников находился также кандидат Харьковского университета А. П. Шидловский. Он выдержал магистерские экзамены в 1839 г. и в октябре того же года представил диссертацию «Определение постоянной нутации из прямых восхождений Полярной». В основу своих исследований А. П. Шидловский положил наблюдения Полярной, произведенные в Дерпте на меридианном круге Рейхенбаха. Несомненно, что тема диссертации была указана Шидловскому В. Я. Струве и, по крайней мере, частично разработана под руководством последнего. После

защиты диссертации А. П. Шидловский был избран профессором Харьковского университета.

Историк астрономии в Дерптском университете профессор Г. В. Левицкий совершенно справедливо пишет о педагогической деятельности В. Я. Струве следующее:

«Производя постоянно те или другие важные практические работы по астрономии и геодезии, Струве привлекал к этим работам своих учеников и из них умел сделать себе знающих и усердных помощников. Таким образом, возникла и развилась астрономическая школа в России, распространившаяся постепенно во все русские университеты и некоторые другие высшие учебные заведения России. Отметим еще одну важную черту педагогической деятельности Струве. Он не только вырабатывал из своих учеников хороших астрономов-практиков, но умел находить почти для каждого из них какую-нибудь важную практическую научную деятельность или отдельную научную работу, к совершению которой молодой ученый сейчас же мог приложить приобретенные им сведения. Таким образом, учениками Струве выполнен был целый ряд научных предприятий, возникших по мысли и указанию Струве, почему педагогическая деятельность последнего была в полной мере научно-педагогической. Деятельность эта, как известно, не прекращалась и в Пулкове».

Во время своего пребывания в Дерпте В. Я. Струве по собственной просьбе был освобожден от занятия весьма лестных, но отнимающих много времени должностей ректора университета или декана. Вместе с тем интересно отметить, что в течение многих лет он был начальником университетской пожарной команды и исполнял обязанности заведующего университетским парком.

Еще в 1822 г. В. Я. Струве был избран членом-корреспондентом Петербургской Академии Наук, в 1827 г. — почетным членом Академии, а в 1832 г. — ординарным академиком. Должность ординарного академика была в то время

связана с необходимостью переезда в Петербург для активного участия в делах Академии. Однако В. Я. Струве в виде исключения было разрешено остаться в Дерпте, так как ни в Петербурге, ни в его окрестностях не было обсерватории, пригодной для серьезных наблюдений.

Правда, над зданием Кунсткамеры на берегу Невы еще с 1727 г. существовала академическая обсерватория. При этом, по мнению французского астронома Лаланда, она была «наиболее великолепной в Европе». Но это великолепие не могло искупить недостатков, связанных с местоположением обсерватории. Отсутствие солидных фундаментов под инструменты, тряска, вызываемая проезжающими экипажами, задымленность воздуха, наконец, испарения Невы были причиною того, что за все время существования академической обсерватории на ней не было произведено наблюдений, давших науке что-либо существенное. В то же время весьма велико было ее значение в организации астрономо-геодезических работ в России в XVIII и начале XIX в.

Часто академическая обсерватория связывается с именем основоположника русской науки М. В. Ломоносова. Действительно, Ломоносов всегда интересовался академической обсерваторией и очень о ней заботился, но никогда на ней не наблюдал. Наблюдение прохождения Венеры через диск Солнца, во время которого им была открыта атмосфера Венеры, он производил у себя дома.

В 1830 г., когда вопрос о продолжении измерения дуги меридиана к северу от о. Гогланд был решен положительно, В. Я. Струве был командирован за границу. Основной целью этой поездки был заказ инструментов, необходимых для продолжения градусного измерения. По возвращении, в январе 1831 г., В. Я. Струве высказал категорическое мнение, что Петербургская академическая обсерватория ни в какой степени не соответствует современному

состоянию астрономии. Следствием этого явилось решение об основании вблизи столицы новой астрономической обсерватории, отвечающей последним достижениям науки и могущей послужить для ее дальнейшего развития.

Необходимость создания новой обсерватории диктовалась практическими потребностями страны. Экономические, транспортные, административные и, наконец, военные задачи, стоявшие перед русским государством, требовали широкого развития астрономо-геодезических работ. Выполнение последних возлагалось в то время по преимуществу на офицеров, воспитанников Академии Генерального штаба. Между тем, уделяя большое внимание муштре, Академия снабжала своих слушателей весьма скудными знаниями и не могла дать стране достаточно сведущих руководителей и исполнителей астрономо-геодезических работ.

При этих условиях остро чувствовалась необходимость создания компетентного научного учреждения, которое возглавило бы эти работы и готовило бы для них полноценных руководителей и исполнителей.

Таким учреждением и должна была явиться новая обсерватория.

В ноябре 1833 г. для подготовки проекта астрономической обсерватории была создана комиссия, состоявшая из четырех академиков: Вишневского, Фусса, Паррота и Струве. Главой комиссии был назначен ученый моряк адмирал Грейг, под непосредственным руководством которого в 1827 г. была построена обсерватория в Николаеве. Осенью 1834 г. в комиссию вместо Паррота был включен академик Ленц.

Перед комиссией стояли следующие основные задачи: 1) точно установить характер и направление работ новой обсерватории (обсерватория должна была стать главной в России и объединить работы других русских обсерваторий); 2) наметить общий план наблюдений и предпринимаемых работ в соответствии с основными задачами обсерватории (этим определялись выбор инструментов и научный

персонал учреждения); 3) определить порядок управления и обслуживания обсерватории; 4) уточнить в соответствии с этими данными план сооружения как самой обсерватории, так и вспомогательных построек; 5) составить смету расходов на содержание нового учреждения.

Разработку архитектурного проекта обсерватории поручили двум профессорам Академии художеств. Можно не сомневаться в том, что душою комиссии по постройке обсерватории был В. Я. Струве. Местом постройки обсерватории был избран Пулковский холм, лежащий в 18 км к югу от столицы (точнее, от Зимнего дворца).

Уже 15 апреля 1834 г. комиссия закончила свою работу. В дальнейшем на нее было возложено наблюдение за постройкой обсерватории.

Из двух представленных архитектурных проектов был одобрен проект А. П. Брюллова, который и был назначен строителем обсерватории. А. П. Брюллов, брат знаменитого живописца К. П. Брюллова, известен как строитель Штаба гвардии на Дворцовой площади и Михайловского театра (ныне Малый оперный) в Петербурге, а также как художник-акварелист.

Подготовительные работы на Пулковском холме были начаты весной 1834 г., а 3 июля 1835 г. произошла торжественная закладка первого камня обсерватории.

В это время В. Я. Струве отправился за границу, чтобы заказать инструменты для новой обсерватории. При выполнении этой задачи В. Я. Струве подробно обсуждал с исполнителями все детали заказываемых инструментов и внес много оригинальных предложений относительно особенностей их устройства. Идея некоторых приборов принадлежала В. Я. Струве. К таким приборам относятся большой вертикальный круг для измерения зенитных расстояний и пассажный инструмент с быстрой перекладкой, предназначавшийся для наблюдения прохождения звезд через первый вертикал.

Во второй половине 1838 г. все инструменты, заказанные для Пулковской обсерватории, были изготовлены, и В. Я. Струве снова отправился за границу для их приемки. В командировке он пробыл четыре месяца (с августа по ноябрь). За это время он тщательно исследовал на месте изготовления все новые инструменты, и по его указаниям в них были внесены некоторые улучшения. Строительство обсерватории успешно продвигалось и было закончено летом 1839 г. К этому времени все заказанные инструменты были доставлены из-за границы в Пулково.

В декабре 1838 г. исполнилось 25 лет пребывания В. Я. Струве в Дерпте в должности профессора. Получив звание заслуженного профессора, он подал в отставку, чтобы все свои силы посвятить Пулкову.

Дерптская обсерватория была обязана В. Я. Струве весьма многим. Когда он пришел туда, это была плохо оборудованная, практически бездействующая обсерватория с ничтожным бюджетом. Спустя 25 лет, покидая ее ради Пулкова, В. Я. Струве оставлял ее в цветущем состоянии. Это была одна из наилучше оборудованных и наиболее активных обсерваторий мира. Бюджет ее превышал бюджет всякой другой университетской обсерватории. К сожалению, Дерптский университет не сумел подобрать достойного преемника В. Я. Струве, и обсерватория постепенно почти вернулась к своему прежнему состоянию.

С 1 января 1839 г. В. Я. Струве был утвержден директором Пулковской обсерватории, а 19 апреля того же года окончательно переехал в Пулково. Перед ним стояла сложная и ответственная задача — установка всех инструментов новой обсерватории. При выполнении этой задачи ему помогали три молодых его помощника, назначенные астрономами Пулковской обсерватории, — сын его, О. В. Струве, Г. Фусс и Г. Саблер. Работа эта была закончена в конце июля, и 19 августа 1839 г. состоялось торжественное открытие обсерватории.

На это празднество были приглашены все русские астрономы: Славинский (из Вильно), Перевощиков (из Москвы), Симонов (из Казани), Кнорре (из Николаева), Шагин (из Харькова), Федоров (из Киева), Паукер (из Митавы), Савич (из Дерпта), Лемм и Зеленый (из Петербурга), Нервандер (из Гельсингфорса). В полном составе присутствовала Академия Наук. Были приглашены также высшие сановники, послы иностранных государств, известные ученые. Все это общество собралось в Пулкове в 11 часов утра. В. Я. Струве произнес речь. В этой речи он напомнил астрономам обсерватории о важных обязанностях, которые на них возлагаются в связи с вступлением обсерватории в строй, и призвал русских астрономов присоединиться к тем усилиям, которые Пулковская обсерватория приложит для процветания астрономии. Затем присутствующим были розданы медали, выбитые в честь основания обсерватории, и начался осмотр нового учреждения.

С открытием Пулковской обсерватории давнишняя мечта В. Я. Струве сбылась: по его идее и по его начертаниям была создана первоклассная обсерватория, превосходившая по своему оборудованию и по устройству все обсерватории мира.

Главными ее инструментами являлись следующие: 1) величайший в мире ахроматический телескоп, или рефрактор, с параллактической монтировкой, имеющий фокусное расстояние в 700 см и диаметр объектива 380 мм, 2) гелиометр с фокусным расстоянием в 300 см и разрезанным объективом с отверстием в 190 мм, 3) большой пассажный инструмент в меридиане, 4) большой вертикальный круг; 5) меридианный круг, 6) пассажный инструмент в первом вертикале.

Для абсолютных определений координат звезд В. Я. Струве предназначил два инструмента: большой пассажный инструмент — для прямых восхождений и большой вертикальный круг — для склонений. Тем самым он отказался от традиций

немецкой школы астрометрии, представители которой абсолютные определения координат производили при помощи одного и того же инструмента — меридианного круга, и основал новую школу фундаментальной астрометрии — пулковскую.

Меридианный круг в Пулкове был предназначен лишь для относительных определений координат.

Насколько хорошо была продумана конструкция пулковских инструментов, свидетельствует то, что все они, за исключением гелиометра, оказавшегося неудачным, служили для наблюдений свыше ста лет, до разрушения Пулковской обсерватории в 1941—1942 гг. гитлеровскими захватчиками, и часть их теперь устанавливается вновь.

Пулковской обсерватории было присвоено название Главной астрономической обсерватории, и ее цели определялись следующими словами устава, утвержденного в 1838 г.

«Цель учреждения Главной Обсерватории состоит в производстве:

а) постоянных и сколь можно совершеннейших наблюдений, клонящихся к преуспеянию астрономии, и b) соответствующих наблюдений, необходимых для географических предприятий в Империи и для совершаемых ученых путешествий. Сверх того, с) она должна содействовать всеми мерами к усовершенствованию практической Астрономии, в приспособлениях ее к географии и мореходству, и доставлять случай к практическим упражнениям в географическом определении мест».

Устав не указывал, какие именно наблюдения, «клонящиеся к преуспеянию астрономии», должна была обсерватория выполнять; тем самым он не определял основного направления ее деятельности. Большой заслугой В. Я. Струве является то, что он ясно и четко определил это направление.

Учитывая тогдашнее состояние астрономии, а также географическое положение и климатические условия Пул-

кова, он в качестве основной задачи обсерватории наметил определение точных положений звезд. Но необходимые для обработки этих наблюдений астрономические постоянные — прецессии, аберрации и нутации — были в то время известны с недостаточной точностью. Поэтому вторым главным направлением работ обсерватории явилось новое определение этих постоянных. Наконец, третьей основной задачей обсерватории были астрономо-геодезические работы, направленные на географическое изучение России. Придерживаясь пути, намеченного ее основателем, и расширяя круг своей деятельности в соответствии с развитием науки, Пулковская обсерватория достигла мировой славы.

Начатые в 1840 г. определения положений звезд на основных инструментах обсерватории показали, что пулковские наблюдения по точности значительно превосходят наблюдения всех других обсерваторий. Каталоги положений звезд, отнесенные к равноденствию 1845.0, положили начало точным астрометрическим наблюдениям в Пулкове, которые велись непрерывно в течение столетия вплоть до 1941 г. и которые возобновляются сейчас, после восстановления обсерватории.

Говорить о первых годах работы В. Я. Струве в Пулкове — значит говорить о первых годах деятельности всей обсерватории. Устав ее гласил:

«Директор имеет попечение, чтобы на Главной обсерватории производились непрерывно, по составленному им, сообразно современному состоянию науки, и предварительно Академией одобренному плану, астрономические наблюдения в возможном совершенстве. Как Главный начальник обсерватории и состоящих при оной лиц, он управляет всеми производящимися при оной, на основании сего плана, занятиями, распределяет их и сам в них участвует».

Да и независимо от устава, естественно, что сотрудники В. Я. Струве, между которыми он распределил инструменты, являясь гораздо менее опытными наблюдате-

лями, вынуждены были, особенно в первые годы, прибегать к его советам и помощи.

Сам В. Я. Струве избрал для своих наблюдений построенный по его идее пассажный инструмент, установленный в первом вертикале. Он поставил себе целью определить значения постоянных аберрации и нутации. В 1840—1842 гг. он произвел при помощи этого прибора многочисленные наблюдения 7 близких к зениту звезд. Уже в 1843 г. вышел в свет мемуар В. Я. Струве, содержащий обработку этих наблюдений и новое значение постоянной аберрации, равное 20''445. Эта величина весьма близка к общепринятому в настоящее время значению 20''47, и хотя В. Я. Струве, пересмотрев свою обработку, получил в 1853 г. из тех же наблюдений новую величину этой постоянной, равную 20''463, первое опубликованное им значение было общепринятым в астрономии в течение 50 лет.

Поскольку значение постоянной аберрации тесно связано со скоростью света, В. Я. Струве в своем донесении министру народного просвещения писал об этой работе следующее:

«По особенному своему устройству превосходный пассажный инструмент употребляю я для точного определения одного из важнейших элементов астрономии: скорости, с какою свет движется в небесном пространстве. Более 100 лет это исследование было предметом разысканий астрономов, не продвинувшись, однако, существенно вперед. Ныне, после 18-месячных наблюдений в Пулкове, мы дошли до следующего решения этой задачи: свет всех звезд движется с одинаковою скоростью 288 433 верст в секунду, определение, которого неверность не может превзойти 150 верст, тогда как прежнее определение было сомнительно более, чем на 3000 верст».

С 1843 по 1855 г. В. Я. Струве продолжал свои наблюдения на пассажном инструменте в первом вертикале с целью получения материала для определения постоянной

нутации. При этом, убежденный в высокой точности наблюдений на этом инструменте, он счел возможным ограничиться ежегодно несколькими наблюдениями 3 звезд. Всего за этот период он произвел 169 наблюдений.

За время пребывания В. Я. Струве в Дерпте им самим, а также Э. Прейссом были проведены обширные ряды меридианных наблюдений, из которых ко времени его перехода в Пулково было извлечено далеко не все, что было возможно извлечь. Поставив задачей на основании этих наблюдений уточнить значения астрономических постоянных, В. Я. Струве привлек к ней внимание своих сотрудников, а также лиц, приезжавших в Пулково для обучения. В результате в первые годы существования Пулковской обсерватории появился целый ряд работ, выполненных во исполнение этой задачи.

Уже в 1842 г. вышла работа О. В. Струве, в которой он из сопоставления положений звезд, наблюденных в Дерпте с 1822 по 1838 г., с положениями каталога Брадлея получил новое значение постоянной прецессии. В том же году появились исследования Ф. Петерса и Г. Лундаля, в которых они вывели новые значения постоянных аберрации и нутации, первый из прямых восхождений, а второй из склонений Полярной звезды, полученных в Дерпте с 1822 по 1838 г. Работы эти, выполненные по указанию В. Я. Струве, так же как и его определение постоянной аберрации, оказали большое влияние на дальнейшее развитие астрономии. Названными работами была установлена система основных астрономических постоянных, пересмотренная затем лишь в 1896 г.

В то же время Пулковская обсерватория принимала деятельное участие в астрономо-геодезических работах, производившихся в России. Работы эти выполнялись как астрономами самой обсерватории, так и различными учреждениями, главным образом Генеральным штабом, а кроме того Морским ведомством, Географическим обществом и др.

Все работы указанных учреждений велись под научным руководством Пулковской обсерватории лицами, прошедшими в ней обучение, и отчеты об этих работах направлялись в Пулково для проверки и отзыва.

Подводя итоги этой деятельности обсерватории, второй ее директор, О. В. Струве, писал: «Таким образом, Пулково постепенно сделалось научным средоточием всех работ, которые относятся к математической географии Российской империи, и мы радуемся возможности доставлять через то государству непосредственную практическую пользу».

В Пулкове В. Я. Струве продолжал начатые им в Дерпте занятия по астрономии и геодезии с офицерами Генерального штаба и флота. Лишь в 1848 г., обремененный многими другими занятиями, он был вынужден отказаться от этих обязанностей и передать их Г. Саблеру.

В 1843 и 1844 гг. под общим руководством и при личном участии В. Я. Струве были проведены две хронометрические экспедиции, имевшие целью определение долготы Пулкова относительно Гринича. В 1843 г. хронометрическими рейсами были связаны Пулково и Альтона, а в следующем году — Альтона и Гринич. Во время второй экспедиции была впервые осуществлена перемена наблюдателей местами для исключения личной разности. Описания этих работ, напечатанные, соответственно, в 1844 и 1846 гг., весьма поучительны, так как содержат подробное изложение способов наблюдений и их обработки, исследования ходов хронометров и т. д.

С 1843 г.. В. Я. Струве стал постепенно отходить от наблюдений. Перед ним стояла большая и важная задача довести до конечных результатов наблюдения, выполненные в предшествующие 30 лет им самим, а также его учениками и сотрудниками. Продолжая руководить наблюдениями пулковских астрономов, он сам отдался, по преимуществу, кабинетной работе. Ведя эту работу так же энергично, как ранее вел наблюдательную, он в 1845 г.

публикует обширный труд, содержащий описание Пулковской обсерватории. В этой книге дано не только описание обсерватории и ее инструментов, но подробно приведены также результаты исследования всех инструментов и итоги их работы за первые пять лет существования обсерватории. Здесь дан также прекрасный исторический обзор астрономических и геодезических работ, выполненных в России до основания Пулковской обсерватории. Наконец, изложены принципы, на которых основаны устройство и подбор инструментов обсерватории. «Описание Пулковской обсерватории», являясь ценным руководством по практической астрономии и истории науки, в то же время имело большое влияние на постройку других обсерваторий, так как Пулковская обсерватория часто принималась за образец. Книгу «Описание Пулковской обсерватории» сопровождает атлас прекрасных чертежей, составленный из гравюр А. Моисеева. В приложении к этой книге приводится каталог книг библиотеки Пулковской обсерватории, составленный В. Я. Струве. Работая над каталогом, В. Я. Струве проявил себя как выдающийся библиограф. Установленная им библиотечная классификация с некоторыми дополнениями, соответствующими развитию астрономии, до сих пор сохранилась на многих обсерваториях. Отметим попутно, что как в Дерпте, так и в Пулкове В. Я. Струве много заботился о пополнении библиотек.

Следующей работой В. Я. Струве явилось издание каталога средних положений 31 895 звезд от +15° до —15°, вычисленных краковским астрономом Вейссе из наблюдений Бесселя. В. Я. Струве предпослал этому каталогу обширное введение, в котором исследуются вопросы о полноте и точности каталога и делается ряд выводов о строении окружающей нас системы звезд в экваториальном поясе неба. Каталог этот вышел в свет в 1846 г.

Исследования о распределении звезд в пространстве, связанные с каталогом Вейссе, более развитые и в несколько

ином виде, изложены В. Я. Струве в отдельном сочинении «Этюды звездной астрономии», вышедшем в 1847 г. В этом сочинении он дает тонкий и глубокий анализ высказываний разных астрономов и философов о Млечном Пути и вообще о строении вселенной. Особенно много внимания уделяет он исследованиям В. Гершеля, что является большой заслугой В. Я. Струве перед наукой, так как до него заключения В. Гершеля, основанные на 40-летних наблюдениях, не были достаточно поняты и оценены.

Далее, на основании наблюдательных данных В. Я. Струве исследует законы распределения звезд в пространстве и делает ряд выводов о строении звездной вселенной.

Установив видимое уменьшение пространственной звездной плотности по мере удаления от нас, он объясняет это уменьшение поглощением света в мировом пространстве. Тем самым он обосновывает предположения, высказанные по этому поводу Шезо и Ольберсом.

Книга «Этюды звездной астрономии» во многом опережает свою эпоху, и примененные в ней способы анализа наблюдательных данных весьма близки к методам современной звездной статистики.

В 1849 г. выходит в свет еще одно сочинение В. Я. Струве — «Описание измерений, выполненных для определения разности уровней Черного и Каспийского морей». Здесь описана упоминавшаяся ранее работа Савича, Саблера и Фусса, выполненная в 1836—1837 гг. Работа эта, показавшая, что уровень Каспийского моря на 26 м ниже уровня Черного, представляет большой интерес. Весьма важными являются помещенные в предисловии к этому сочинению исследования В. Я. Струве о земной рефракции. Здесь впервые показано, как при выводе земной рефракции учитывать состояние атмосферы и высоту наблюдаемого предмета.

В 1852 г. издается еще одна крупная работа В. Я. Струве — «Средние положения неподвижных звезд, преимущественно

двойных и кратных». Эта работа уже была описана при обзоре работ В. Я. Струве по двойным звездам.

Последовательно доводя до окончательных выводов все работы, выполнявшиеся под его руководством, В. Я. Струве в 1853 г. принимается за сводку наблюдений, произведенных при измерении дуги меридиана от Ледовитого океана до устья Дуная.

Как было указано, соединение триангуляций В. Я. Струве в Прибалтике и Теннера в Литве и Курляндии дало одну непрерывную дугу меридиана протяженностью в 8°.

После этого измерения продолжались. Теннер постепенно продвигался на юг, продолжая триангуляцию через Волынскую, Подольскую и Бессарабскую губернии, и закончил ее у Измаила на Дунае. Астрономические определения, а также часть базисных измерений в Бессарабии были выполнены пулковскими астрономами Г. Саблером и А. Вагнером. В то же время градусное измерение под руководством В. Я. Струве продолжалось от о. Гогланд на север через Финляндию к Ледовитому океану. После того, как измерения были доведены до Торнео, шведские и норвежские астрономы согласились продолжить их до берега океана. Работами в Швеции руководил директор Стокгольмской обсерватории Зеландер, а в Норвегии — директор обсерватории в Христиании (ныне Осло) Ганстин.

Астрономические определения и измерения базисов в Швеции и Норвегии были выполнены пулковскими астрономами.

Считая с севера на юг, тригонометрические работы в различных частях дуги меридиана произведены были: в Норвегии с 1845 по 1850 г., в Швеции с 1845 по 1852 г., в Финляндии с 1830 по 1851 г., в прибалтийских губерниях с 1816 по 1831 г., в Литве и Курляндии с 1816 по 1828 г., в Волынской и Подольской губерниях с 1835 по 1840 г., в Бессарабии с 1844 по 1852 г.

Вся дуга меридиана Струве, или, как ее часто называют, русско-скандинавская дуга, имеет протяжение в 25°20′ по

широте: триангуляция составлена из 258 треугольников, для которых измерено 10 базисов длиною от 5 до 11 километров. Астрономические определения широт и азимутов выполнены в 13 точках.

Наблюдения в отдельных частях дуги имеют различную точность. В то время как у В. Я. Струве средняя ошибка измерения угла равна $\pm 0''.6$, у Теннера она достигает $\pm 1''.8$, у шведских и норвежских астрономов даже $\pm 3''$. Неравноточны и измерения базисов. В. Я. Струве производил их с точностью до 1 : 1 000 000, в то время как Теннер лишь до 1 : 300 000. Из этих данных видно, насколько продуманно и с каким искусством вел В. Я. Струве наблюдения.

Работая со свойственными ему энергией и неутомимостью, В. Я. Струве уже к 1857 г. закончил общую сводку измерений и все связанные с ними исследования. Описание работы с изложением полученных результатов составляет содержание двух больших томов с атласом чертежей, озаглавленных «Дуга меридиана между Дунаем и Ледовитым морем» и вышедших в 1857 и 1861 гг. В. Я. Струве предполагал подготовить и третий том этого сочинения, в котором собирался изложить подробный отчет о всех астрономических наблюдениях, выполненных при измерении этой дуги, и результаты произведенного в 1852—1855 гг. в Пулкове сравнения между собой всех линейных мер, служивших при градусных измерениях в различных странах. Наконец, он хотел из всех известных в то время градусных измерений определить элементы фигуры Земли. Однако внезапно поразившая его тяжелая болезнь не позволила ему выполнить эти измерения и положила конец его неутомимой научной деятельности. Преемнику и сыну его, О. В. Струве, недостаточно знакомому со всеми деталями работы, оставалось лишь закончить начатое предисловие, привести в порядок результаты астрономических определений и вместе с результатами сравнения линейных мер опубликовать их в виде прибавления к предисловию.

В сочинении «Дуга меридиана между Дунаем и Ледовитым морем», помимо результатов наблюдений, содержатся ценнейшие исследования В. Я. Струве по геодезии и астрономии. Выдающийся советский геодезист Ф. Н. Красовский пишет об этом труде следующее: «Чрезвычайно интересные и талантливые исследования ошибок измерений углов и базисов, исполненные Струве, составляют значительный вклад в науку геодезии и заставляют геодезистов всех стран изучать это сочинение и в настоящее время; беседа через книгу „Дуга меридиана“ с этим большим умом, талантливым теоретиком и большим практиком действительно необходима для воспитания начинающего геодезиста и полезна опытному, много работавшему геодезисту для проверки самого себя.

«Исследования Струве, проведенные им в астрономических работах по градусному измерению, являются образцовыми; излишне упоминать, что они составили только малую часть того, что этот великий ученый дал в области астрономии».

Заканчивая работу над дугой меридиана, В. Я. Струве уже был занят мыслью о получении дуги параллели большой протяженности путем соединения триангуляций, выполненных в ряде европейских государств, в одно градусное измерение по долготе. Для согласования этого предприятия с учеными Западной Европы он в 1857 г. совершил поездку за границу. Но ему уже не было суждено принять участие в этой работе. В начале 1858 г. он тяжело заболел и, хотя прожил после этого еще около 7 лет, наукой более заниматься не мог. В январе 1858 г. управляющим Пулковской обсерваторией был назначен его сын, О. В. Струве, который в феврале 1862 г., после ухода отца в отставку, был избран директором обсерватории.

Чтобы полнее охарактеризовать деятельность В. Я. Струве, отметим, что он принимал участие и в общественной жизни.

В Дерпте и в Петербурге он читал циклы популярных лекций по астрономии для широкой аудитории. Лекции эти пользовались большим успехом.

Он был членом-учредителем Русского географического общества, основанного в 1845 г., и с момента основания возглавлял Отделение географии России, а с 1850 по 1856 г. — Отделение математической географии.

Мы уже отмечали необычайную работоспособность В. Я. Струве. Эту работоспособность он сохранил до преклонных лет, и возможно, что переутомление явилось причиной болезни, сломившей его силы.

Вот как его сын, О. В. Струве, описывает распределение его времени в течение суток в последние годы работы. Вставал он в 8 часов, быстро завтракал и в 9 часов уже был за своим рабочим столом, который покидал лишь в 2 часа, чтобы пообедать. С 3 до $4\frac{1}{2}$ часов он спал, а затем, выпив кофе, в 5 часов снова усаживался за работу. В 9 часов вечера он делал перерыв на ужин, а с 10 часов вечера до 3 часов ночи снова работал. Таким образом, за редкими исключениями, он проводил за рабочим столом ежедневно по 14 часов.

В. Я. Струве был отцом большого семейства, он имел восемнадцать детей, из которых двенадцать его пережили. Его старший сын, два внука и правнук также посвятили себя астрономии.

По свидетельству современников, В. Я. Струве отличался крепким телосложением и хорошим здоровьем. До 65 лет он никогда не болел. Следствием болезни, поразившей его в начале 1858 г., явилась полная утрата памяти. Скоро память к нему вернулась, но до конца жизни оставалась слабой. В августе 1858 г. В. Я. Струве, по совету врачей, выехал для поправления здоровья за границу. Пробыв около года на европейских курортах и в Алжире, он вернулся с несколько поправленным здоровьем. Однако

работать он уже не мог и осенью 1861 г. подал прошение об отставке.

21 декабря 1861 г. просьба его была удовлетворена, и вместе с многочисленной семьей он переехал из Пулкова в Петербург. В Пулкове проводил он лишь летние месяцы.

Неутомимо проработав всю жизнь, он и в последние годы не мог оставаться без дела. В своем прошении об отставке он писал: «Осмеливаюсь уповать, что всеблагое Провидение даст мне еще столько сил, чтобы довершить несколько кабинетных работ и тем самым еще оказать некоторую пользу науке».

Будучи в отставке, он принялся за сочинение, в котором хотел подытожить все, что было сделано в области изучения двойных звезд к тому времени. По нескольку часов ежедневно проводил он за рабочим столом, но ослабевшая память была причиной того, что работа, выполненная им в последние годы жизни, не имеет научной ценности.

Еще в августе 1864 г. В. Я. Струве принимал участие в праздновании по случаю 25-летия своего детища — Пулковской обсерватории, а 23 ноября того же года он скончался от воспаления легких, прожив 71 год и 7 месяцев. Согласно желанию, выраженному им за несколько лет до смерти, он похоронен на маленьком кладбище на Пулковском холме. Могила его сохранилась до наших дней.

Вся жизнь В. Я. Струве представляет собой путь неутомимого труженика науки. Его многосторонняя научная и организационная деятельность сыграла исключительную роль в развитии астрономии и геодезии.

Его работы по изучению двойных звезд являются настолько значительными, что он по праву может считаться основателем новой отрасли астрономии.

Он впервые с полной достоверностью доказал, что параллаксы неподвижных звезд ничтожно малы, и произвел первое определение параллакса, опередив почти на два

года Бесселя, которому обычно приписывают первое определение параллакса.

Он первым доказал наличие поглощающей свет материи в межзвездном пространстве и положил начало методам современной звездной статистики. Следует отметить, что открытое В. Я. Струве межзвездное поглощение света отрицалось вплоть до 1930 г., когда оно было «снова открыто».

Под руководством В. Я. Струве и при личном его участии была установлена система астрономических постоянных, являвшаяся общепринятой в течение полустолетия. На основании выполненного им определения постоянной аберрации было с большой точностью получено значение скорости света.

По его инициативе и под его руководством была измерена с большой точностью величайшая по протяжению дуга меридиана — от Ледовитого океана до устья Дуная. Это измерение до сих пор сохранило свое значение для определения фигуры Земли.

Исследования В. Я. Струве в области геодезии и практической астрономии ценны не только достижением отдельных весьма важных результатов, но и тем, что они вообще способствовали повышению точности подобных измерений.

Благодаря его трудам исключительный размах получили работы по географическому изучению нашей страны, причем они выполнялись с большей точностью, чем в любой другой стране.

В. Я. Струве поднял на небывалую высоту обсерваторию Дерптского (ныне Тартуского) университета, а затем создал Пулковскую обсерваторию, дав ее работам такое направление и так организовав их, что вскоре обсерватория завоевала славу астрономической столицы мира.

Наконец, он подготовил большое число астрономов и геодезистов, многие из которых заняли руково-

дящие посты в русских университетах и организациях, ведущих геодезические работы.

Среди многочисленных научных трудов В. Я. Струве нет ни одного, который не был бы посвящен актуальным задачам науки или ее практическим приложениям. По крайней мере 16 из них представляют собой обширные монографии.

Он всегда ставил перед собой совершенно ясные и определенные цели и неуклонно стремился к их достижению. Поэтому научные предприятия всегда удавались ему и доводились им до конца.

Любимое детище В. Я. Струве — Пулковская обсерватория — во время Великой Отечественной войны была варварски разрушена немецко-фашистскими захватчиками.

Сейчас, благодаря заботам Коммунистической партии и Советского правительства, обсерватория не только восстановлена, но и расширена до масштабов, о которых не мог и мечтать ее основатель.

Пулковские астрономы советской эпохи свято чтут память основателя обсерватории — знаменитого русского астронома В. Я. Струве.

Б. А. Орлов.



ПРИМЕЧАНИЯ ПЕРЕВОДЧИКА И РЕДАКТОРА*

[1] Одной из причин резкого различия числа действительно визуально *подсчитанных* звезд с тем числом, которое (неточно) оценивается при общем созерцании неба без фиксирования зрения на каком-нибудь одном определенном его участке, может быть бо́льшая чувствительность бокового зрения, в котором участвуют периферические части сетчатки, по сравнению с прямым зрением. Поэтому при общем созерцании звездного неба нам кажется (и это ощущение вполне соответствует действительности), что на небе звезд очень много. «Открылась бездна, звезд полна, звездам числа нет. . .» — весьма точно передал это ощущение бесчисленности звезд в своем знаменитом стихотворении «Вечернее размышление о божьем величестве при случае великого северного сияния» М. В. Ломоносов. При звездных же подсчетах мы не просто созерцаем все небо, попадающее в наше, весьма широкое у людей с нормальным зрением, поле зрения, а фиксируем рассматриваемую звезду в области желтого пятна с его пониженной относительно боковых областей сетчатки чувствительностью.

[2] Звездный вестник.

[3] Конспект.

[4] Гармонии мира.

[5] Отсюда видно, что Кеплер считал Солнце не только центром планетной системы, но и занимающим особое, привилегированное место во всей вселенной.

[6] И. Кеплер в этом учении о сферичности вселенной повторяет взгляды Н. Коперника (см. книгу I «Об обращениях небесных тел» в юбилейном сборнике: Коперник, М.—Л., 1947). Лишь Бруно полностью отрешился от этого пережитка древней астрономии.

---

* В отличие от примечаний переводчика и редактора, ссылки на примечания В. Я. Струве к этюдам звездной астрономии обозначены без скобок.

[7] Тихо Браге — современник И. Кеплера, пытался измерить параллакс звезд, но не нашел заметного параллакса, откуда он заключил, что точность его наблюдений для этой цели недостаточна.

[8] О звезде Марса.

[9] Пятикнижие — одна из книг Библии.

[10] Система мира.

[11] Т. е. Э. Кант, живший в Кенигсберге (ныне Калининград).

[12] Галлей в 1718 г. обнаружил впервые существование собственных движений у трех ярких звезд, а именно Альдебарана, Арктура и Сириуса.

[13] В настоящее время созвездие Лисички и Гуся называется просто созвездием Лисички.

[14] Солнце действительно не расположено точно в средней плоскости Млечного Пути, а находится к северу от нее, вследствие чего средняя линия Млечного Пути на небесной сфере представляется нам малым кругом, описанным из Северного полюса Млечного Пути сферическим радиусом в 91°

[15] О блеске неподвижных звезд и об их расстояниях.

[16] Параллакс в полсекунды соответствует расстоянию в 412 530 радиусов земной орбиты.

[17] Эти слова И. Г. Ламберта полностью оправдались — современными большими рефлекторами можно фотографировать миллионы спиральных туманностей (галактик), каждая из которых аналогична системе Млечного Пути, т. е. Галактике. Однако относительно туманности Ориона Ламберт ошибался, — она входит в состав Галактики.

[18] Это является научным предсказанием существования Метагалактической системы, т. е. системы галактик, до границ которой современные инструменты еще не дошли.

[19] Т. е. планетами.

[20] И здесь И. Г. Ламберт правильно оценил порядок расстояния звезд. Действительно, ближайшая известная нам звезда отстоит от нас в 270 000 раз дальше, чем Земля от Солнца, и в 7000 раз дальше, чем наиболее удаленная от Солнца планета — Плутон.

[21] В этом тезисе И. Г. Ламберта содержится предвидение существования Местной системы звезды, членом которой является Солнце.

[22] Таким образом, И. Г. Ламберт высказал правильное предположение о порядке размеров Звездной системы Млечного Пути. Действительно, диаметр Галактики сейчас принимается порядка 100 000 световых лет, т. е. в десятки тысяч раз больше, чем расстояние ближайших к нам звезд.

[23] И. Г. Ламберт прав относительно превышения Солнца над галактической плоскостью, но преувеличивает отступление средней линии Млечного Пути (см. примеч. 14) от большого круга.

[24] Эксцентрическое положение Солнца в Галактике подтверждается современной звездной астрономией: Солнце, действительно, находится ближе к периферии галактической системы, чем к ее центру.

[25] В подлиннике говорится про «mouvement progressif», что переведено не вполне точно выражающим мысль «поступательным движением». Очевидно, подразумевается движение звезд по каким-то орбитам, что соответствует нынешним представлениям о вращении Галактики. Мысль о динамической стационарности Галактики тоже является основным предположением большинства современных работ по звездной динамике.

[26] Впервые это удалось сделать В. Гершелю в конце XVIII в.

[27] Это мнение, довольно широко распространенное в XVIII и XIX вв., ошибочно (о чем знал уже и сам В. Я. Струве). Например, при наличии сферической симметрии в распределении масс тяготение скопления звезд не отличается от тяготения центрального тела с массой, равной той, которая заключена в сфере радиуса, равного расстоянию рассматриваемой материальной точки (звезды) от центра такой сферической системы.

Существует ли Местная система или нет, — несомненно, что в ней нет какой-то массивной сверх-звезды, управляющей ее движением наподобие того, как Солнце управляет движениями сочленов своей системы планет. Для устойчивости такой системы достаточно наличия сгущения звезд вблизи ее геометрического центра.

[28] В то время как предыдущие тезисы о наличии центрального тела у Местной системы неверны, тезис Ламберта о наличии галактического центра подтвержден в последние годы фотоэлектрическими наблюдениями А. А. Калиняка, В. И. Красовского и В. Б. Никонова в Симеизе, а также Стеббинса и Уитфорда в США, обнаружившими в инфракрасных лучах ядро как раз в том самом направлении, на которое еще раньше указывали результаты подсчетов звезд и шаровых скоплений, а также анализ пространственного распределения лучевых скоростей и собственных движений. Правда, нет никаких оснований считать, что галактическое ядро является монолитным телом, а не является центральным скоплением звезд с плотностью порядка в 10^2—10^3 околосолнечной звездной плотности (см., напр.: П. П. Паренаго, Успехи астр. наук, IV 1948; М. С. Эйгенсон, Природа, 1949, № 3). Тем не менее Ламберт предвидел наличие галактического центра, хотя, может быть, и несколько упрощенно, в духе своих космологических аналогий, считал его подобным монолитным центрам таких систем космологически низших порядков, как планеты, окруженные спутниками, и звезды, окруженные планетами.

[29] Как уже отмечено в [22], И. Г. Ламберт правильно оценил размеры Млечного Пути. В. Я. Струве же, несмотря на его несравненно большие, но все же совершенно еще недостаточные знания, как и многие астрономы его времени, их недооценил.

[30] Как известно, материалистическая наука не раз зло смеялась над такого рода категорическими и идеалистическими по своей философской сути ignorabimus. Благодаря применению интерференционного метода удалось измерить угловые диаметры нескольких звезд, которые, действительно, оказались порядка сотых долей угловой секунды. Ошибка Дж. Мичелла, О. Конта * и других подобных проповедников агностицизма состояла в том, что они недиалектически исходили только из научных средств своего времени и недооценивали творческих возможностей человечества.

[31] Здесь говорится, очевидно, о так называемых «планетарных» туманностях, имеющих вид круглых туманных пятен с уплотнением или даже звездой в центре. Дж. Мичелл ошибался, считая такие туманности состоящими из большого числа слабых звезд, как, впрочем, позже ошибались и Гершель и другие астрономы, считавшие, что все туманности состоят из звезд, увидеть которые раздельно есть вопрос лишь оптической силы инструментов. Однако спектральный анализ показал, что далеко не все туманности имеют звездное строение, являясь скоплением большого числа слабых звезд. Большинство туманностей, входящих в состав Млечного Пути, т. е. так называемых «галактических» туманностей, в том числе все планетарные туманности, состоят из крайне разреженных облаков газов, а в некоторых случаях из облаков пыли, видимых лишь благодаря близкому присутствию очень горячих и ярких звезд.

[32] Ежегодник парижского Бюро долгот — справочное издание, содержавшее также статьи по вопросам астрономии.

[33] «Знание времен» — французский астрономический ежегодник, содержащий эфемериды Солнца, Луны, планет, звезд и другие текущие астрономические таблицы, издаваемый и поныне.

[34] Философские труды. Содержат научные работы, представленные английской Академии наук, называющейся «Королевским обществом».

[35] Полное собрание научных трудов В. Гершеля в двух томах издано лишь в 1912 г.

[36] Эта оценка В. Гершеля неплохо согласуется с современными оценками так называемой «эквивалентной» величины звезд Млечного Пути, т. е. величины тех звезд, которые дают максимум его видимого блеска.

[37] Этот результат В. Гершеля находится в превосходном согласии с результатами, полученными через $1^1/_2$ столетия после него, в 1920 г., Я. К. Каптейном и П. ван-Райном («Вселенная Каптейна»), которые из статистического анализа огромного числа звезд пришли к выводу, что отношение осей звездного эллипсоида, которым они аппроксимировали Галактику, как раз равно 5:1

---

* Предсказывавшего невозможность узнать химическую природу звезд.

[38] Это расстояние, которое В. Я. Струве оценил на основании первых, еще несовершенных измерений звездных параллаксов своих, Ф. В. Бесселя, Т. Гендерсона и Х.А.Ф. Петерса, немного преувеличено, но его порядок указан В. Я. Струве довольно правильно.

[39] Как мы уже отметили в нашем примеч. 22, в действительности размеры Галактики почти на целый порядок выше. Эта крупная недооценка их В. Гершелем целиком объясняется, конечно, количественным несовершенством и неполнотой его пионерских звездных подсчетов. Размеры Галактики и позже оценивались неверно. И лишь открытие современных фотометрических методов определения расстояний до шаровых скоплений, с одной стороны, и подтверждение в 1930-х годах открытого В. Я. Струве в 1847 г. галактического поглощения света, с другой стороны, позволили новейшей звездной астрономии правильно решить этот фундаментальный вопрос, поставленный еще ее основателями.

[40] Эта гениальная догадка В. Гершеля, как известно, оправдалась: часть туманностей правильной формы — эллиптические и спиральные, а также и такие туманности неправильной формы, как, например, знаменитые Магеллановы Облака, действительно, оказались внегалактическими аналогами нашей Галактики; однако другие, видимо бóльшие, туманности неправильной формы оказались в действительности галактическими диффузными туманностями; в Галактику, оказалось, входит и часть туманностей правильной формы — круглые или кольцеобразные планетарные туманности.

Как известно, основы самой этой классификации туманностей были сделаны как раз В. Гершелем, — он не знал только о спиралях, впервые открытых его прямым преемником в отношении постройки и использования гигантских рефлекторов, лордом Россом. Эти открытия Гершеля оказали огромное влияние и на космогонию XIX—XX вв., обосновав разнообразные небулярные космогонические гипотезы, т. е. схемы, по которым звезды рождаются из туманностей (прежде всего, это была космогоническая гипотеза Лапласа).

[41] Большая спираль в созвездии Андромеды (М31), действительно, одна из ближайших к нам галактик, образующая с дюжиной других галактик и нашей Галактикой наше местное скопление галактик. Магеллановы Облака значительно ближе к нам, чем М31; но М31 в самом деле одна из ближайших к нам *спиралей.*

[42] Как и размеры Галактики, Гершель не мог еще правильно оценить это расстояние, которое в действительности почти на два порядка больше (около 750 000 световых лет).

[43] Это заблуждение характерно для первого периода взглядов В. Гершеля, когда он считал, что в действительности неразложимых на звезды туманностей не существует. Планетарные туманности не являются,

как мы теперь знаем, ни галактиками, ни звездными образованиями (см. примеч. 31).

[44] В. Я. Струве не упоминает еще о двух основных первоначальных предположениях В. Гершеля: о предположении одинаковой светимости всех звезд и о предположении абсолютной прозрачности галактического пространства, которые оба оказались неверными, что повлияло не только на пионерские результаты В. Гершеля, но и на многие другие работы XIX и первой трети XX в. В дальнейшем, правда, В. Гершель в принципе отказался от гипотезы о равенстве звездных светимостей. Однако об учете этого обстоятельства, основанного на изучении распределения звездных светимостей, не только в XVIII, но и в XIX вв. еще почти ничего не было известно.

[45] Огромная заслуга В. Я. Струве как пионера истории звездной астрономии состоит в его историческом подходе, последовательно проведенном через весь сделанный им анализ развития взглядов В. Гершеля. Историзм помог В. Я. Струве разобраться в эволюции этих взглядов и в их глубоком изменении, чего почти не заметили некоторые другие историки, совершенно ошибочно приписывавшие В. Гершелю те его первоначальные взгляды, от которых он сам в дальнейшем полностью отказался.

[46] В. Гершель первоначально считал двойные звезды за оптические пары, две составляющие которых случайно располагаются по одному лучу зрения, но в действительности находятся на разных расстояниях от нас. В таком случае ближняя звезда имеет гораздо больший параллакс, в силу чего она в течение года должна заметно смещаться по отношению к дальней звезде. Равным образом и движение Солнца вызовет видимое движение ближней звезды по отношению к дальней. Таким образом, оптические двойные звезды, действительно, представляют наиболее подходящие объекты для обнаружения и измерения относительных годичных и вековых параллаксов. Наоборот, физические двойные звезды, у которых обе составляющие находятся на практически одинаковом расстоянии от нас, для этих целей не пригодны.

[47] В целях восстановления исторической справедливости следует заметить, что хотя, как впервые обнаружил еще сам В. Гершель, его гипотеза о равнораспределении звезд не везде приемлема, тем не менее нельзя утверждать, что она лишена всякого значения и в наше время. Не говоря о работе самого В. Я. Струве, тут уместно напомнить хотя бы о работе Г. Шалёна (1929), который годом раньше Р. Тремплера получил правильную оценку коэффициента галактического поглощения, исходя как раз из предположения о равномерности *истинной* (т. е. не искаженной поглощением) функции звездной плотности в галактических окрестностях Солнца.

[48] Front view — фронтальное или переднее зрение. В отличие от системы рефлекторов И. Ньютона в позднейшей системе рефлекторов Гершеля отсутствовало плоское зеркало, что приводило к уменьшению потерь света, происходивших при отражении от этого дополнительного зеркала, и этим повышало проницательную силу телескопов. Еще до Гершеля подобная система была изобретена М. В. Ломоносовым.

[49] Понятно, что эта «неизмеримость» относится лишь к методам и инструментам В. Гершеля. В настоящее время размеры Галактики, т. е. звездной системы Млечного Пути, выяснены достаточно уверенно.

[50] Это важное положение В. Гершеля было широко использовано самим В. Я. Струве, привлекшим для этой цели первые фотометрическо-статистические обзоры звездного неба. В старых работах, использовавших этот принцип, предполагалось равенство светимости всех звезд. Впоследствии такой упрощенный подход был оставлен и учитывалось рассеяние светимостей, выведенное на основании изучения светимостей ближайших к нам звезд. В настоящее время фотометрический метод определения расстояний получил широкое применение и является наиболее надежным методом для определения расстояний таких объектов, как шарообразные звездные скопления и внегалактические туманности, благодаря тому, что в этих объектах удалось обнаружить звезды (цефеиды, новые), светимость которых может быть довольно точно найдена.

[51] Новейшие исследования (Э. Гольмберг, 1937) действительно показывают, что двойные и кратные галактики образуют физические системы.

[52] И эта мысль В. Гершеля во многом оказалась правильной. Звезды, находящиеся в центре планетарных туманностей, несомненно связаны с ними и физически, и генетически. Светлые туманности обязаны своим свечением воздействию близлежащих ярких и горячих звезд. Между звездами и туманностями вероятно существует и обмен материей.

[53] Это заключение В. Гершеля также правильно. В 1924—1925 гг. удалось впервые разложить на звезды периферию ближайших к нам спиральных туманностей, а в 1944 г. также и их центральные ядра.

[54] Очевидно, В. Гершель имеет здесь в виду лишь один тип скоплений — именно шаровые.

[55] И здесь В. Гершель оказался прав, если отнести эти слова к внегалактическим туманностям, самые слабые и далекие из которых, доступные современным телескопам, находятся на расстояниях до одного миллиарда световых лет.

[56] В. Гершель правильно подметил, что рассеянные звездные скопления встречаются преимущественно в Млечном Пути, а шарообразные скопления его избегают.

[57] Теперь, однако, стало несомненным, что, кроме реальных колебаний звездной плотности, значительная часть нюансов Млечного Пути

происходит вследствие поглощения света облаками темной материи а также эксцентрического положения Солнца в Галактике.

[58] «Он [Млечный Путь] идет разделенным потоком».

[59] Антиной — часть созвездия Орла.

[60] Действительно, если принять за 78 единиц толщу слоя Млечного Пути, то при положении Солнца близ его средней плоскости получается расстояние до полюсов в 39 единиц, что в три раза превосходит дальность зрения невооруженного глаза, исчисленную Гершелем в 12 единиц.

[61] Всюду, где здесь говорится «внутри» или «вне» Млечного Пути, В. Я. Струве, как и В. Гершель, имеет в виду положение внутри или вне видимой полосы Млечного Пути в проекции на небесную сферу, а не положение внутри или вне Галактической системы в пространственном отношении.

[62] Таким образом, В. Гершель, повидимому, предвидел возможность темной небулярной материи.

[63] Действительно, если говорить про объекты, связанные с системой Галактики, то наиболее отдаленными из них являются шарообразные звездные скопления, находящиеся на расстояниях до 220 000 световых лет.

[64] Гершель совершенно ошибочно считал, что Солнце состоит из яркой оболочки с темным ядром, причем солнечные пятна он объяснял как прорывы в оболочке, сквозь которые видна темная поверхность ядра.

[65] Здесь В. Я. Струве имеет в виду малый атлас Ф. Аргеландера (Uranometria Nova), изданный в 1843 г., так как большое «Боннское обозрение» вышло в 1863 г. — после написания В. Я. Струве своих «Этюдов».

[66] Впервые параллаксы звезд были измерены в 1835—1840 гг. почти одновременно В. Я. Струве в Дерпте (параллакс Веги), Ф. В. Бесселем в Кенигсберге (61 Лебедя) и Т. Гендерсоном на Мысе Доброй Надежды (α Центавра). Однако приоритет Струве в этом важном открытии несомненен.

[67] Fundamenta Astronomiae (Основы астрономии). — Знаменитая переработка Ф. В. Бесселем наблюдений Дж. Брадлея, из которой Ф. В. Бессель вывел значения основных астрономических постоянных.

[68] Здесь имеются в виду работы Ф. Аргеландера «Ueber die eigene Bewegung des Sonnensystems» («О собственном движении солнечной системы») и О. В. Струве «Bestimmung der Constante der Präcession» («Определение постоянной прецессии») по определению положения апекса солнечной системы.

[69] Как известно, этот скепсис В. Я. Струве не оправдался. Темные или слабосветящиеся спутники звезд, заметно возмущающие видимое движение яркой звезды, действительно существуют. Предсказанный Ф. В. Бесселем спутник Сириуса был найден в 1862 г., а слабый спутник Проциона — в 1896 г.

[70] В данном случае В. Я. Струве, конечно, прав, так как ни Плеяды в целом, ни тем более одна Альциона не являются ничем особенным в динамическом отношении. Однако, как было уже сказано в примеч. 28, самая мысль о наличии центрального звездного сгущения в Галактике получила подтверждение в новейших исследованиях.

[71] Прежде всего благодаря работам В. Я. и О. В. Струве, увеличивших в десятки раз число известных двойных и кратных звезд.

[72] Старинное название Австралии.

[73] Действительно, Млечный Путь, по новейшим взглядам, так велик, а Магеллановы Облака так близки к нему и так невелики по линейным размерам, что, возможно, не исключено, что они образуют далекие части его спиральных ветвей или, что более вероятно, Млечный Путь и Магеллановы облака являются одной из тройных галактик, многочисленные примеры которых были недавно изучены Э. Гольмбергом.

[74] Кенигсбергский каталог (Catalogus Regiomontanus) составлен Ф. В. Бесселем по собственным наблюдениям.

[75] Description de l'observatoire central de Poulkowa — изданное в 1845 г. описание Пулковской обсерватории, составленное В. Я. Струве.

[76] Через «А» В. Я. Струве обозначает звездные величины по Ф. Аргеландеру, а через «В» — по Ф. В. Бесселю.

[77] Совершенно правильное мнение; до сих пор далеко не вполне ясно, в какой мере это знаменитое раздвоение является действительной структурной особенностью Млечного Пути весьма большого масштаба и в какой мере оно есть результат наложения на звездный фон больших масс поглощающей свет материи.

[78] Через «Н» В. Я. Струве здесь обозначает предельную звездную величину, доступную для телескопа Гершеля.

[79] Это значение преуменьшено. Превышение Солнца над галактической плоскостью в действительности порядка нескольких десятков парсеков.

[80] Т. е. Г. Ольберса.

[81] Как известно, идеалистическая буржуазная релятивистская космология пошла по первому пути. В Пулковской обсерватории в 1938 г. было показано, что космическое ослабление света, действительно, как это предугадывали еще Л. Шезо и Г. Ольберс, полностью ликвидирует противоречие между ничтожной светимостью ночного неба и пространственной бесконечностью светящихся объектов. (М. С. Эйгенсон, Астр. журн., 14, 1939, № 3).

[82] В этой фразе, подчеркнутой самим В. Я. Струве, и содержится основной тезис его «Этюдов», оказавшийся, несмотря на небезукоризненность его аргументов, полностью подтвержденным (в 1930 и последующих годах).

[83] Итак, В. Я. Струве исходит в своем заключении о необходимости галактического поглощения света из основной материалистической идеи

о неправильности предположения центрального положения Солнца в Галактике.

[84] Определение параллакса Веги произведено В. Я. Струве в бытность его директором Дерптской обсерватории и опубликовано в 1837 г.

[85] Доклады Академии Наук.

[86] Подразумевается автор «Кенигсбергских таблиц» Ф. В. Бессель.

[87] Как известно, это заключение Х. А. Ф. Петерса оказалось необоснованным. Найденное им значение параллаксов звезд второй величины сильно преувеличено. Современное значение равно 0".040.

[88] Полученное здесь значение скорости Солнца сильно преуменьшено главным образом вследствие завышенного значения параллакса звезд первой величины. Приведенная О. В. Струве скорость Солнца соответствует скорости 7.7 км в секунду, тогда как современные определения дают 20 км в сек. Эта скорость уверенно определяется лишь по движениям звезд по лучу зрения, которые получаются на основании принципа Допплера-Белопольского из спектроскопических наблюдений. Поэтому все определения скорости Солнца, произведенные до начала XX в., не точны.

[89] «Прежде всего нам следует принять во внимание, что Вселенная шарообразна, как потому, что шар — самое совершенное по форме и не нуждающееся ни в каких скрепах безупречное целое, так и потому, что из всех фигур это самая вместительная, наиболее подходящая для включения и сохранения всего мироздания; или еще потому, что все самостоятельные части вселенной, я имею в виду Солнце, Луну и звезды, мы наблюдаем в такой форме, как это видно по каплям воды и остальным жидким телам, когда они стремятся к самозавершению. Поэтому никто не усомнится, что таковая форма присуща небесным телам» (глава I — «Об обращениях небесных сфер», перевод Ф. А. Петровского; «Николай Коперник», сб. статей, М.—Л., 1947).

[90] «Первой и внешней изо всех является сфера неподвижных звезд, заключающая себя и все, и потому неподвижная».

[91] «Конечно, является великим делом сверх великого множества блуждающих [в ней] звезд, которые доныне могли быть усмотрены естественной способностью, прибавить и явно представить зрению бесчисленные другие звезды, которые доныне никогда не были увидены и которые превзойдут старые и известные более чем в десятикратное множество раз. Нельзя, сверх того, считать имеющим малое значение и устранение споров относительно Галактики или Млечного Круга, а также раскрытие ее сущности для ощущения, не говоря уже о понимании».

[92] Каталог книг Пулковской обсерватории.

[93] Новый каталог библиотеки Пулковской обсерватории.

[94] «Общая естественная история и теория неба, или опыт об устройстве и механическом происхождении всего мироздания, осно-

ванный на ньютоновских началах», Кенигсберг и Лейпциг, 1755

[95] Небольшие логически-метафизические сочинения Канта, изданные Розенкранцем, Лейпциг, 1838, 8°.

[96] Употребление глобусов, или общее учение о сферах. Лондон, 1740, 8°.

[97] Небесный ключ, являющийся объяснением диаграммы, называющейся: «Краткий обзор вселенной или видимый мир в конспективном изложении», Лондон, 1742, 4°.

[98] «Теория вселенной», Лондон, 1750, 4°.

[99] Гамбургские свободные суждения 1751 г.

[100] «Когда он в 10 000 раз превосходит наше Солнце по величине».

[101] «Когда он в 1 000 000 раз превосходит Солнце по объему».

[102] «Дорога у греков Млечная, а у нас Дорога св. Якова разлилась по средине сферы неподвижных звезд (по крайней мере, как эта сфера нам представляется), разделяя ее на два кажущиеся полушария; этот ее круг — неравной ширины, но все же по всей окружности не очень отступает от подобия самому себе. Итак, Млечный Путь явно отмечает место Земли и подвижного мира в области неподвижных звезд (преимущественно) перед всеми прочими местами.

«Положим, в самом деле, что Земля находится сбоку на расстоянии одного полудиаметра Млечного Пути; тогда этот Млечный Путь представится ей малым кругом или малым эллипсом, целиком отклоненным в другую сторону; и он может быть охвачен одним взглядом, тогда как теперь в каждый данный момент может быть видима только его половина.

«С другой стороны, положим, что Земля находится в плоскости Млечного Пути, но вблизи одной стороны его окружности: тогда эта часть Млечного Пути покажется огромной, а противоположная часть — узкой.

«Итак, сфера неподвижных звезд ограничена не только областью звезд, но также Млечным Кругом сверху по направлению к нам».

[103] «Космологические письма об устройстве мироздания, составленные И. Г. Ламбертом», Аугсбург, 1761, 8°.

[104] Однако, как выяснилось в XX в., именно так и обстоит дело с туманностями, отражающими свет близлежащих звезд.

[105] «Ведь мы наблюдаем неподвижные звезды даже и такого рода, которые в сто тысяч раз более удалены, чем более близкие».

[106] Философские труды.

[107] «Исследование вероятного параллакса и величины неподвижных звезд на основании количества света, которое они дают нам, и особенных обстоятельств их местоположения, достопочтенного Джона Мичелла».

[108] Однако, как показал в 1930-х годах советский астроном С. Г. Натансон, прецизионная электрофотометрия покрытий звезд Луной позволяет определить угловые звездные диаметры.

[109] Как теперь выяснено, красные звезды довольно резко делятся на две группы — так называемые «гиганты» и «карлики». Гиганты действительно обладают очень большими размерами, в сотни раз по диаметру превосходящими Солнце. В отношении их предположение, о котором говорит В. Я. Струве, безусловно верно. Что касается карликов, число которых гораздо больше, чем гигантов, то красный карлик, находящийся вблизи Солнца, вполне может оказаться меньше по размерам, чем белая звезда, находящаяся далеко, а потому и кажущаяся нам сравнительно слабой.

[110] Эта идея Дж. Мичелла, как известно, оказалась совершенно правильной и была широко и весьма плодотворно применена Каптейном и многими другими исследователями.

[111] Подразумевается В. Гершель.

[112] Подразумевается Королевское общество (Royal Society).

[113] Каталог неподвижных звезд на 1660 г.

[114] Как совершенно справедливо отметил Б. А. Воронцов-Вельяминов, это заявление В. Я. Струве о В. Гершеле вполне можно применить и к самому В. Я. Струве.

[115] W. Herschels sämtliche Schriften. 1-er Band. Ueber den Bau des Himmels. Dresden u. Leipzig, 1826.

[116] «Астрономия сэра Джона Гершеля», Лондон, 1833. Есть русский перевод Хотинского, 1861 г.

[117] «И вблизи точки, где он подразделяется на два главных слоя, наклоненных под небольшим углом друг к другу».

[118] Космологические письма.

[119] Ежегодник, изд. Боде.

[120] В настоящее время приняты для координат Северного полюса Млечного Пути такие значения: прямое восхождение 190°, склонение +28°.

[121] Расстояние и видимые размеры туманности Андромеды теперь принимаются соответственно равными 750 000 световых лет и 2°30′. С этими значениями действительный диаметр этой соседней галактики лишь немногим уступает диаметру системы Млечного Пути.

[122] Продолжение доклада об изменениях и т. д.

[123] О новом явлении в звездном мире.

[124] В 1926 г. было открыто так называемое «галактическое вращение», состоящее в том, что вся Галактика вращается в своей плоскости вокруг своего центра, причем скорость этого вращения такова, что Солнце с ближайшими звездами совершает один оборот за 225 млн лет.

[125] Скопление, скученное собрание, скучивающая сила (англ.).

[126] Звездная куча, скопление (нем.).

[127] Разрешимые туманности.

[128] Шаровое скопление.

[129] Очень глубокое замечание. Действительно, рассеянные звездные скопления, планетарные и диффузные туманности обнаруживают свою связь с Галактикой, проявляющуюся в высокой галактической концентрации. С другой стороны, внегалактические туманности обнаруживают обширную «зону избегания» как раз вблизи галактической плоскости, что вызывается поглощающей свет материей, сконцентрированной близ галактической плоскости. Шаровые же скопления по своей галактической концентрации занимают промежуточное положение между двумя только что указанными классами космических образований.

[130] О способности телескопов проникать в пространство.

[131] Траление, подметывание.

[132] Мощь траления.

[133] Имеются в виду телескопы, вышедшие из оптической мастерской Фраунгофера в Мюнхене.

[134] О доверии к уранометрии Байера.

[135] О переменной звезде β Лиры.

[136] В современной фотометрии имеется количественный способ для определения цвета звезд с помощью фотографирования на пластинках различной цветочувствительности.

[137] Астрономические сообщения — журнал, выходящий и до настоящего времени.

[138] Кенигсбергские таблицы, составленные Бесселем.

[139] Трактат астрономии.

[140] «Средние положения неподвижных звезд в кенигсбергской зоне Бесселя между —15 и +15°, наблюденные, редуцированные к 1825 г. и расположенные в каталог автором г-ном Вейссе; по повелению императорской Петербургской академии издал, заботился и написал предисловие Ф. Г. В. Струве», Петербург, 1846.

[141] Дж. В. Леббок. Звезды в 6 картах. Лондон, 1836, Fol.

[142] Здесь под φ подразумевается галактическая широта, т. е. угловое расстояние от плоскости Галактики.

[143] Большой телескоп лорда Росса не был использован для этой цели.

[144] Другими словами, среднее расстояние группы звезд некоторой заданной величины различно для разных областей неба.

[145] О бесконечности сферы неподвижных звезд.

[146] О числе, порядке и свете неподвижных звезд.

[147] Ежемесячная корреспонденция.

[148] Угловой диаметр Альдебарана, найденный Ольберсом, очень близок к значению, определенному с помощью интерферометра, однако параллакс Ольберса больше действительного. Такая разница объясняется тем, что если поверхностная яркость звезды одинакова с яркостью Солнца,

то угловой диаметр звезды может быть найден независимо от расстояния (конечно при отсутствии поглощения света).

[149] Эти первоначальные высказыванин о светимости (или абсолютной яркости) звезд были, конечно, фактически никак еще не обоснованы. Впервые соотношение светимостей с цветом звезд было найдено лишь в XX в. (диаграмма Э. Герцшпрунга-Г. Н. Ресселла). Тогда оказалось, что подавляющее большинство красных звезд, а именно красные карлики, абсолютно гораздо слабее, чем белые звезды. В этом смысле В. Ольберс оказался прав в своем споре с Дж. Мичеллом.

[150] Кенигсбергские наблюдения на 1824 г.

[151] Средние положения 560 неподвижных звезд.

[152] Здесь идет речь о большом пассажном инструменте Пулковской обсерватории.



СПИСОК РАБОТ В. Я. СТРУВЕ [1]

1. De geographica positione speculae astron. Dorpatensis. Mitaviae, 1813.

2. Observationes astronomicae institutae in specula Dorpatensi. Vol. I—VIII, pro annis 1814—1838. Dorpati, 1817—1839.

3. Nachricht von der trigon. Vermessung Livlands. Lindenau und Bohnenberger Zeitschr. für Astronomie, 4, 1817.

4. Nachrichten über die Sternwarte. Lindenau und Bohnenberger Zeitschr. für Astronomie, 4, 1817.

5. Ueber die AR von α und δ Ursae min. Astronomisches Jahrbuch von Bode, 1818.

6. Nachrichten über die Sternwarte. Astronomisches Jahrbuch von Bode, 1818.

7. Der Ort des Polarsterns für 1819—1822. Dorpat, 1819.

8. Nachricht von einer Vermessung Livlands, I, II. Astronomisches Jahrbuch von Bode, 1819—1820.

9. Messungen einiger Doppelsterne. Astronomisches Jahrbuch von Bode, 1819.

10. Beschreibung des bei ber trigonometrischen Vermessung Livlands zur Beobachtung der Höhenwinkel gebrauchten Instruments (Horizontalsectors). 1820.

11. Der Ort des Sterns δ Ursae min. für 1820—1822. Dorpat, 1821.

12. Ueber ein Fraunhofersches Filarmikrometer. Astronomische Nachrichten, 4, 1821.

13. Catalogus 795 stellarum duplicium congestus in specula Dorpatensi Dorpati, 1822.

---

[1] Составлен по каталогам библиотеки Пулковской обсерватории.

14. Erste Nachricht von der Russischen Gradmessung. Astronomische Nachrichten, 5, 1822.

15. Nachricht von der Gradmessung. Astronomische Nachrichten, 32, 33, 1823.

16. Sur le micrometre filaire de Fraunhofer. Astronomische Nachrichten, 8, 1823.

17. Sur la mesure des degrés du méridien de Dorpat. (Réjection de la mesure des angles par répétition. Réfutation de l'opinion de M. Amici sur l'inexactitude des lectures sur les cercles méridiens à l'aide des verniers). Zach Correspondance astronomique, 11, 1824.

18. Ueber Repsolds Pendeluhr in Königsberg. Astronomische Nachrichten, 59, 1824.

19. Ueber das Universalinstrument von Reichenbach und Ertel als Horizontalwinkelmesser. Astronomische Nachrichten, 47, 48, 1824.

20. Beschreibung des grossen Refractors von Fraunhofer. Dorpat, 1825.

21. Note sur la grande lunette de Fraunhofer. Zach Correspondance astronomique, 12, 1825.

22. Catalogus 59 stellarum cum cometa 1824 compar. Astronomische Nachrichten, 87, 1825.

23. Nachricht von der Ankunft des grossen Refractors in Dorpat. Astronomische Nachrichten, 75, 76, 1825.

24. Nachricht von der Bereicherung der Sternwarte. Astronomisches Jahrbuch von Bode, 1825.

25. Ueber einige der merkwürdigsten Doppelsterne. Astronomisches Jahrbuch von Bode, 1825.

26. Nachricht von einer angefangenen Durchmusterung des Fixsternhimmels in Bezug auf Doppelsterne. Astronomische Nachrichten, 76, 77, 1825.

27. Micrometrical observations of Saturn. Mémoirs of the Roy. Astronomical Society, 1826, 1828.

28. Micrometermessungen des Saturn, des Jupiter und seiner Trabanten. Astronomische Nachrichten, 97, 139, 1826, 1828.

29. Sur la précision des lectures des divisions sur les instruments astronomiques. Astronomische Nachrichten, 14, 1826.

30. Account of the arrival and erection of Fraunhofer's large telescope at Dorpat. Mémoirs of the Roy. Astronomical Society, 2, 1826.

31. A comparison of observations on double-stars. Letter to J. Herschel. Mémoirs of the Roy. Astronomical Society, 2, 1826.

32. Verzeichniss von 795 Doppelsternen. Astronomisches Jahrbuch von Bode, 1826, 1827.

33. Ueber die astron. Arbeiten auf der Sternwarte. Astronomisches Jahrbuch von Bode, 1827.

34. Ueber die Doppelsterne, nach mit dem grossen Refractor von Fraunhofer auf der Sternwarte zu Dorpat angestellten Musterung des Fixsternhimmels. Dorpat, 1827.

35. Vorläufiger Bericht von der Russischen Gradmessung. Dorpat, 1827.

36. Catalogus novus stellarum duplicium et multiplicium. Dorpati, 1827.

37. Resultate der Gradmessung in den Ostseeprovinzen Russlands. Astronomische Nachrichten, 164, 1829.

38. Beobachtungen des Enckeschen Cometen auf der Dorpater Sternwarte mit dem grossen Refractor von Fraunhofer angestellt 1828. Beobachtete scheinbare AR und Decl. der verglichenen Fixsterne. Astronomische Nachrichten, 153, 154, 184, 1829, 1830.

39. Astronomische Beobachtungen auf einer Reise um die Welt. Herausgegeben von W. Struve. Dorpat, 1830.

40. Astronomische Beobachtungen auf Kotzebues Reise. Herausgegeben von W. Struve. Dorpat, 1830.

41. Beschreibung der Breitengradmessung in den Ostseeprovinzen Russlands. 2 Theile, nebst Kupfertafeln. Dorpat, 1831.

42. Stellarum compositarum 37 insignium mensurae micrometricae per tubum magnum Fraunhoferianum in specula Dorpatensi institutae. Mémoires de l'Acad. Imp. des Sciences de St.-Pétersbourg, 1832.

43. Vereinigung der beiden in den Ostseeprovinzen und in Lithauen bearbeiteten Bogen der Russischen Gradmessung. Mémoires de l'Acad. Imp. des Sciences de St.-Pétersbourg, 1832.

44. Vergleichung der mit einem tragbaren Passageninstrument und dem Meridiankreis beobachteten AR de Mondes u. der Mondsterne, Astronomische Nachrichten, 1833.

45. Allgemeine astronomiscne Nachrichten aus Russland. Astronomische Nachrichten, 234, 235, 1832.

46. Mémoire sur les étoiles doubles, Recueil des actes de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1832.

47. Астроном. наблюдения, произведенные Прейсом. Перевел Борисов. Перевод дополнен Тархановым. СПб., 1832.

48. Anwendung des Durchgangsinstruments für die geographische Ortsbestimmung. St.-Pétersbourg, 1833.

49. Ueber die neuesten geodätischen Arbeiten in Russland. Ueber Sernow vom Flächeninhalt des Russischen Reichs. Dorp. Jahrb., 1833.

50. Vereinigung der beiden Bogen der Russischen Gradmessung. Astronomische Nachrichten, 236, 1833.

51. Vergleichung der mit einem tragbaren Durchgangsinstrument und dem Meridiankreise beobachteten gr. Aufst. des Mondes und der Mondsterne. Astronomische Nachrichten, 237, 238, 1833.

52. Zusammenstellung und Berechnung der von Parrot in Dorpat, Tiflis und am Ararat gemachten Pendelversuche. Parrot Reise zum Ararat. 1834.

53. Nachricht von der Gründung einer Haupt-Sternwarte für Russland. St.-Pétersbourg, Astronomische, Nachricten 264, 1834.

54. Beob. des Bielaschen Cometen im Jahre 1832 angestellt in Dorpat, mit Fraunhofers Refractor. Astronomische Nachrichten, 266, 267, 1834.

55. Notice sur la Comète de Halley en 1835. Recueil des actes de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1835.

56. Polhöhen mit einem kleinen Universalinstrumente von Ertel auf der Reise bestimmt. Astronomische Nachrichten, 292, 1835.

57. Zweiter Bericht über die Anlegung einer Hauptsternwarte für Russland. Astronomische Nachrichten, 290—292, 1835.

58. Bericht über W. Fedorow's Reise in Sibirien. Recueil des actes de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1836.

59. Bericht über d. Fortstetzung d. Russischen Gradmessung nach Norden. Recueil des actes de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1836.

60. Ueber die in den Jahren 1824 bis 1835 auf der Dorpater Sternwarte angestellten Mikrometermessungen doppelter und vielfacher Sterne. Astronomische Nachrichten, 304, 1836.

61. Ueber die 1835 in Dorpat angestellten Beobachtungen des Halleyschen Cometen. Astronomische Nachrichten, 303, 1836.

62. Vorläufige Berichte über die 1832—1837 in Sibirien ausgeführten astr.-geogr. Arbeiten. St.-Pétersbourg, 1836.

63. Sonnenflecken mit unbew. Auge gesehen. Astronomische, Nachrichten, 331, 1837.

64. Stellarum duplicium et multiplicium Mensurae micrometricae, institutae in specula Dorpatensi. Petropoli, 1837.

65. Additamentum in mensuras micrometricas stellarum dupl. editas. Memoires de l'Acad. Imp. des Sciences de St.-Pétersbourg, 1837, 1839.

66. Rapports 1 à 4 sur l'expédition pour trouver la différence de niveau de la mer Noire et de la mer Caspienne. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1837, 1838.

67. Rapport: Ueber die eigene Bewegung des Sonnensystems von Fr. Argelander. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1837.

68. Astronomische Ortsbestimmungen in der Europäischen Türkei in Kaukasien und Kleinasien. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1837.

69. Bericht über die Expedition zur Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen dem Schwarzen und Caspischen Meer. Astronomische Nachrichten, 336, 1837.

70. Ueber ein mit einem Verticalkreis versehenes tragbares Durchgangsinstrument von Repsold. Bulletin de l'Académie de St.-Petersbourg, 1837.

71. Ueber Hagens Oelgemälde, das Nordlicht vom 6 (18) October 1836 darstellend. Recueil des actes de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1836.

72. Ueber Doppelsterne, nach den 1824 bis 1837 angestellten Micrometermessungen. Bericht an S. Exc. Herrn v. Ouvaroff. St.-Pétersbourg, 1837.

73. Vorlesungen über mathem. Analysis. Herausgegeben von W. Struve. Dorpat, 1837.

74. Sur l'emploi de l'instrument des passages pour la determination des positions géographiques. Traduit par A. Schybanoff. St.-Petersbourg, 1838.

75. Beurtheilung der Geodäsie Bolotow's. 1838. (Присуждение Демидовских наград).

76. Sur l'emploi de l'instrument des passages. 1838.

77. Beobachtungen des Halleyschen Cometen. Notice. Bull. de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1838.

78. Rapport sur le voyage de M. Fedoroff en Sibérie. Bull. de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1838.

79. Rapport sur les travaux sélénographiques de Beer et Mädler. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1838.

80. Beobachtungen des Halleyschen Cometen bei seiner Erscheinung im Jahre 1835. St.-Pétersbourg, 1839.

81. Nachricht über die für die Kaiserl. Hauptsternwarte in Hamburg und München angefertigten Instrumente. Astronomische Nachrichten, 371, 1839.

82. Auszug aus dem Berichte an die Commission über die zur Beprüfung der für Pulkowa bestimmten Instrumente 1838 unternommenen Reise. Recueil des actes de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1839.

83. Notice sur la Comète. Bull. de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1839.

84. Ueber die wissenschaftl. Bedeutung der K. Hauptsternwarte. St.-P. Zeitung, 1839.

85. Besuch Sr. Majestät des Kaisers in Pulkowa. Astronomische Nachrichten, 391, 1840.

86. Schreiben an die Gebr. Repsold, über die Leistungen des gr. Durchgangsinstruments im ersten Vertical. Astronomische Nachrichten, 404, 1840.

87. Ueber die Parallaxe des Sterns α Lyrae. Astronomische Nachrichten, 396, 1840.

88. Additamentum in Mensuras micrometricas. Petropoli, 1840.

89. Sur la mesure des degrés de méridien en Russie. Bull. de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1840.

90. Bericht über die Bibliothek der Hauptsternwarte in Pulkowa Astronomische Nachrichten, 450, 451, 1841.

91. Rapport sur les constantes de l'aberration et de la nutation. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1841.

92. Rapport sur le mémoire de M. O. Struve: Sur la précession, en égard au mouv. propre du système solaire. Bulletin de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1841.

93. Sur la grande lunette de Merz, à Poulkowa. Astronomische Nachrichten, 449, 1842.

94. Rapport sur le mémoire de M. Peters: Numerus constans nutationis etc. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1842.

95. Sur l'instrument des passages du premier vertical, et sur les résultats pour l'aberration. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1842 et Astronomische Nachrichten, 468, 1843.

96. Rapport sur la publication des travaux relatifs au nivellement entre la mer Noire et la mer Caspienne. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1842.

97. Russische Beobachtungen der Sonnenfinsternis des 7 Juli 1842. Astronomische Nachrichten, 470.

98. Table des positions géographiques en Russie. St.-Pétersbourg, 1843.

99. Rapport sur un nouv. ouvrage relatif aux étoiles doubles. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1843.

100. Ueber die Längen aus Mondazimuten. Astronomische Nachrichten, 471, 1843.

101. Sur la révision de l'hémisphère boréal par rapport aux étoiles doubles et multiples. Recueil des actes de l'Acad. de St.-Petersbourg, 1843.

102. Extrait du mémoire sur l'aberration. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1843.

103. Résultats pour la Constante de l'aberration. Astronomische Nachrichten, 468, 1843.

104. Sur le coefficient constant dans l'aberration des étoiles fixes déduit des observations exécutées à Poulkova. Mémoires de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1843.

105. Catalogue de 514 étoiles doubles et multiples découvertes à Poulkova, et Catalogue de 256 étoiles doubles principales, où la distance est de 32 sec. à 2 min., et qui se trouvent sur l'hémisphère boréal. St.-Pétersbourg, 1843.

106. Notice sur la Comète à courte période découverte par M. Faye. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1844.

107. Resultate der 1816 bis 1819 ausgeführten Vermessung Livlands. St.-Pétersbourg, 1844.

108. Resultate der astronomisch-trigonometrischen Vermessung Livlands. Mémoires de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1844.

109. Expédition chronométrique entre Poulkova et Altona, pour la détermination de la longitude etc. St.-Pétersbourg, 1844.

110. Обзор географических работ в России. Европейская Россия. Записки Русск. Географич. общества, 1845.

111. Astronomische Ortsbestimmungen in der Europäischen Türkei, in Kaukasien und Klein-Asien, nach den von den Officieren des R. Generalstabes in den Jahren 1828 bis 1832 angestellten astronomischen Beobachtungen. St.-Pétersbourg, 1845.

112. Astronomische Ortsbest. in der Türkei u. s. w. Mémoires de l'Acad. Imp. Sciences de St.-Pétersbourg, 1845.

113. Notiz über die Untersuchungen des Eises. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1845.

114. Librorum in bibliotheca speculae Pulcovensis contentorum catalogus systematicus. Petropoli, 1845.

115. Ueber den Flächeninhalt der 37 westlichen Gouvernements Russ lands. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1845.

116. Ueber die 1845 auszuführende Chronometerexpedition ins Innere Russlands. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1845.

117. Description de l'Observatoire central de Poulkova. St.-Pétersbourg, 1845.

118. Expédition chronométrique entre Altona et Greenwich. St.-Pétersbourg, 1846.

119. Positiones mediae stellarum fixarum in zonis Regiomontanis inter—15° et +15° decl. observatarum, ad 1825 reductae, autore M. Weisse. Edit, curavit et praefatus est F. G. W. Struve. Petropoli, 1846.

120. Ueber die Benennung des transuranischen Planeten. 29 Dec. 1846.

121. Ueber den Hauptplaneten Neptun. 18 Oct. 1846. St.-Petersburg. Zeitung.

122. Sur la dénomination de la nouv. planète etc. 29 Dec. 1846.

123. Observations d'Astrée faites à Poulkova. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1846.

124. Sur la parallaxe de 1830 Groombr. Comptes rendus de l'Académie, de Paris, 1846.

125. Etudes d'Astronomie stellaire. St.-Pétersbourg, 1847.

126. Rapport fait à l'Académie Imperial des Sciences par W. Struve sur une mission scientifique dont if fut chargé en 1847.

127. Rapport à l'Académie sur le prix décerné par la Société astronomique à M. Weisse pour son catalogue. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1848.

128. Sur la dilatation de la glace, d'après les expériences faites à Poulkova par M. M. Schumacher, Pohrt et Moritz. Mémoires de l'Acad. Imp. des Sciences de St.-Pétersbourg, 1848.

129. Remarques sur la critique de M. Faye relativement au travail de M. Wichmann. Comptes rendus de l'Académie de Paris, 1848.

130. Sur la planète Neptune. Journal de St.-Péttersbourg, 1848.

131. Beschreibung der zur Ermittelung des Höhenunterschiedes zwischen dem Schwarzen und Caspischen Meere 1836 und 1837 von G. Fuss.

A. Sawitsch und G. Sabler ausgeführten Messungen, zusammengestellt, von G. Sabler, Herausgegeben von W. Struve. St.-Pétersbourg, 1849.

132. Untersuchung über die irdische Strahlenbrechung. St.-Petersburg, 1849.

133. Rapport sur une nouvelle détermination de la parallaxe de l'étoile Groombridge 1830, faite par O. Struve. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1849.

134. Résultats des opérations géodésiques exécutées en 1836 et 1837 dans les provinces Caucasiennes. Bullet. de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1850.

135. Die Sonnenfinsterniss 1851 in ihrer Erscheinung für St.-Pétersburg und dessen Umgegend. St.-Petersburger Zeitung, 1851.

136. Schumacher. Biographische Skizze. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1851.

137. Stellarum fixarum, imprimis duplicium et multiplicium, positiones mediae pro epocha 1830.0 deductae ex obs. meridianis annis 1822 ad 1843 in specula Dorpatensi institutis. Petropoli, 1852.

138. Exposé historique des traveaux exécutés jusqu'à la fin de l'anneé 1851 pour la mesure de l'arc du méridien entre Fuglenaess et Ismail. St.-Pétersbourg, 1852.

139. Rapport sur les observations de M. Liapounov sur la nébuleuse d'Orion, faites à Kazan. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1853.

140. Rapport sur le Catalogue des étoiles circompolaires de Lalande, rédigé par Fedorenko. Bullet. de l'Acad. de St.-Pétersbourg, 1853.

141. Sur la jonction des opérations géodésiques Russes et Autrichiennes. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1853.

142. Nachricht von der Vollendung der Gradmessung zwischen der Donau und dem Eismeere. Vorӧffentlicht im Auftrag der Akademie der Wissenschaften. St.-Pétersbourg, 1853.

143. Résultats des opérations exécutées en 1836 et 1837 dans la province ciscaucasienne. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg, 1850; Connaissance des temps, 1853.

144. Résumé sur les valeurs numériques des constantes de la précession, de l'aberration et de la nutation. 1853.

145. Recueil de Mémoires présentés à l'Académie des Sciences par les astronomes de Poulkova, ou offerts à l'Observatoire central par d'autres astronomes du pays, vol. I. St.-Pétersbourg, 1853.

146. Positions du Soleil, de la Lune et des planètes, observées à Dorpat 1822 à 1838, calculées par W. Struve et M. Liapounow. Mémoires de l'Acad. de St.-Pètersbourg, 1853.

147. On the Determination at Poulkowa of the Comparison-stars used with Biela's Comet. The Astronomical Journal, 91, 92, 1856.

148. Fondation de l'observatoire central de Russie. St.-Pétersbourg, 1856.

149. Comparison-stars used with Biela's Comet (in its different app. from 1805 to 1846) observed by Sabler and Lindhagen. The Astronomical Journal, 91, 92, 1856.

150. Note sur l'ouvrage relatif à l'arc du méridien entre la Mer Glaciale et le Danube. Comptes rendus de l'Académie de Paris, 1857.

151. Ueber Wolf's Biographien zur Culturgeschichte der Schweiz. Astronomische Nachrichten, 1191, 1859.

152. Vergleichungen der Wiener Maasse mit mehreren zu Pulkowa befindlichen Maasseinheiten. Wien, 1861.

153. Дуга меридиана в 25°20′ между Дунаем и Ледовитым морем, измеренная с 1816 по 1855 г. под руководством К. Теннера, Хр. Ганстена, Н. Х. Зеландера и Ф. Г. В. Струве. Составил Ф. Г. В. Струве. С.-Петербург, 1861. То же на французском языке.

СПИСОК НЕКОТОРЫХ РАБОТ О В. Я. СТРУВЕ И ОБ ЕГО ЭПОХЕ

1. O. Struve. Wilhelm Struve. Karlsruhe, 1895.

2. Argelander. Friedrich Georg Wilhelm Struve. Vierteljahrschr. der Astr. Gessellschaft, B. I, H. 1, 1866.

3. v. Oettinnger, Vierteljahrschr. der Astr. Gesellschaft, 29, 1894.

4. Г. Левицкий. Астрономы Юрьевского университета с 1802 по 1894 год. Юрьев, 1899.

5. А. А. Тилло. О географических заслугах В. Я. Струве. 1893.

6. Е. Ф. Литвинова. В. Я. Струве, его жизнь и ученая деятельность. СПб., 1893.

7. В. В. Серафимов. Струве В. Я. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона.

8. Сборник «100 лет Пулковской обсерватории», Л., 1945.

9. Б. А. Воронцов-Вельяминов. Звездно-статистические работы В. Струве. Тр. Сов. по ист. естеств., М.—Л., 1948.

10. Он же. История астрономии в России в XIX столетии. Тр. Инст. ист. естеств., т. II, 1948.

11. А. Н. Савич. Воспоминания о В. Я. Струве. СПб., 1865.

12. C. Pritchard. Eloge of Struve. M. N. of the RAS, London, 1865.

13. Friedrich Georg Wilhelm Struve. Am. Journ. of. Sc. and Arts., XL, 1865.

14. Friedrich Georg Wilhelm Struve. Proc. Am. Acad., VI, 1866.

15. А. Кларк. История астрономии в XIX столетии. Одесса, 1913.

16. А. Берри. Краткая история астрономии. М.—Л., 1947.



СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Исследования распределения звезд в пространстве и Млечного Пути 9

История 9

1. Общие замечания. Древние. Коперник. Галилей 9
2. Умозрения Кеплера 11
3. Гюйгенс 14
4. Система Канта 15
5. Система Ламберта 19
6. Исследования Мичелла 26
7. Отношение между Гершелем и его предшественниками . 28
8. Работы В. Гершеля. Общий взгляд 30
9. Гершель. Система Млечного Пути 1785 г. 31
10. Гершель. Критика системы 1785 г., основанная на изучении последующих мемуаров 36
11. Последовательное развитие взглядов Гершеля на Млечный Путь и другие части звездной астрономии от 1785 до 1818 г. 41
12. Прогресс звездной астрономии от Гершеля до современной эпохи 50

Исследования Млечного Пути, данные во введении к Кенигсбергскому каталогу 56

Позднейшие исследования Млечного Пути 71

Об ослаблении света неподвижных звезд при его прохождении через небесное пространство 87

О расстояниях неподвижных звезд (по исследованию г-на А. Ф. Петерса, астронома Центральной обсерватории) . . 99

Примечания 114

Приложения 169

Василий Яковлевич Струве. Б. А. Орлов. 171
Примечания переводчика и редактора 209
Список работ В. Я. Струве 223
Список некоторых работ о В. Я. Струве и об его эпохе 232

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии Наук СССР

*

Редактор Издательства *И. В. Барковский*
Технический редактор *Р. А. Аронс*
Корректоры *Л. А. Ратнер* и *К. С. Тверитинова*

*

РИСО АН СССР № 4500. Пл. № 6—76 В. М-01791. Подписано к печати 11/III 1953 г. Бумага 70 × 92/16. Бум. листов $7^{3}/_{8}$. Печ. л. 17,25. Уч.-изд. л. 12,04 + 1 вкл. (0.04 уч.-изд. л.). Тираж 5000. Зак. № 1837. Номинал по прейскуранту 1952 г. 10 р. 50 к.

1-я тип. изд. АН СССР. Ленинград, В. О., 9 линия, дом 12.



В. Я. СТРУВЕ

